

Agradecimentos

À minha família e amigos por terem me ajudado nos maus e bons momentos, pelo encorajamento que me deram, pela paciência que tiveram e pela disponibilidade que sempre ofereceram. Em especial aos meus pais Esmeralda Rodrigues e Álvaro Campelo pela oportunidade de poder tirar um mestrado, sem nunca me faltar nada.

Aos meus coordenadores Nuno Formigo e Pedro Teiga, pelo apoio incansável que me ofereceram durante todo o ano letivo, pela confiança que tiveram no meu trabalho e por terem aceitado embarcar nesta ardua tarefa de me orientar durante a minha dissertação.

A toda a equipa da Engenho e Rio e Projeto: Rios Rui Fransico, Diana Fernandes, Daniela Pinho, Manuela Oliveira, António Pinto e Maria Inês, pela ajuda e boa disposição que me proporcionaram.

À Eng. Marina e ao fiscal Ricardo da Câmara Municipal de Santa Maria da Feira, pela ajuda e compreensão em especial nos dias em que estive em trabalho de campo.

Que a minha procura pelo conhecimento seja tão insaciável
como a do rio por chegar ao mar.

Resumo

Projetos de reabilitação fluvial vem aumentar o desenvolvimento sustentável do território, promovendo os ecossistemas ecológicos, aumentando biodiversidade e valorizando os espaços coletivos envolventes. Os projetos de reabilitação fluvial do Rio Uima e da Ribeira da Granja são dois exemplos de reabilitação que recorreram ao uso de técnicas centenárias de Engenharia Natural. Usando materiais inertes e mais económicos provaram serem eficazes para desenvolver um corredor ecológico e no combate á problemática da erosão marginal.

O processo de reabilitação começa com a identificação dos problemas associados ao local de estudo, seguido da sua solução da forma mais natural possível e sempre com o objetivo de obter um ecossistema mais perto possível do que era sem a intervenção do homem, usando material vegetal autóctone e materiais inertes.

Esta Dissertação pretende avaliar a aplicação de técnicas de Engenharia Natural em dois casos de estudo realizados na cidade do Porto (2010) e Fiães- Santa Maria da Feira (2014). Para a avaliação geral do projeto de reabilitação é proposto e aplicado uma nova metodologia do Índice de Reabilitação de Rios (IRR), onde também é feito o seu teste como ferramenta de avaliação dos projetos.

A partir dos resultados obtidos concluiu-se a origem de algumas falhas e como estas poderiam ser solucionadas para cada um dos casos de estudo e, comparando-os, propôs-se então algumas críticas e sugestões para futuros projetos de reabilitação fluvial.

Palavras-Chave: reabilitação fluvial, Engenharia Natural Rios, ecossistemas ribeirinhos.

Summary

River rehabilitation projects are increasing the sustainable development of the territory, promoting the ecological ecosystems, increasing biodiversity and enhancing the surrounding collective spaces. The river rehabilitation projects Rio Uima and Ribeira da Granja are two examples of rehabilitation that resorted to using centuries-old techniques of natural engineering. Using inert and more economical materials have proven to be effective to develop an ecological corridor and the fight will problem of bank erosion.

The rehabilitation process begins with identifying the problems associated with the place of study, followed by a solution in the most natural way possible and always aiming to get a close as possible ecosystem than it was without the intervention of man, using native plant material and inert materials.

This thesis aims to assess the application of Natural Engineering techniques in two case studies conducted in Porto (2010) and Fiães- Santa Maria da Feira (2014). In the overall evaluation of the rehabilitation project is proposed and applied a new methodology Rivers Rehabilitation Index (RRI), which is also made their test as an evaluation tool of the projects.

From the results it was concluded the origin of some failures and how these could be addressed for each of the case studies and comparing them, it was proposed then some criticism and suggestions for future river rehabilitation projects.

Keywords: river rehabilitation, Engineering Natural Rivers and riverine ecosystems

.

Índice

Índice de Tabelas.....	11
Índice de Figuras.....	13
1 Introdução	15
1.1 Objetivos.....	18
1.2 Estrutura geral do relatório.....	19
2 Avaliação e caracterização de projetos de reabilitação fluvial	21
2.1 Caso de estudo do Rio Uíma	28
2.1.1 Enquadramento	28
2.1.2 Metodologia	30
2.1.3 Técnicas de estabilização de margens e controlo de erosão.	30
2.1.4 Atividades de limpeza e corte de material vegetal na reabilitação.....	43
2.1.5 Resultados.....	49
2.2 Caso do estudo da Ribeira da Granja	64
2.2.1 Enquadramento	64
2.2.2 Metodologia	65
2.2.3 Técnicas de estabilização de margens e controlo de erosão	66
2.2.4 Atividades de limpeza e corte de material vegetal na reabilitação.....	75
2.2.5 Resultados.....	75
2.3 Discussão de resultados	77
2.3.1 Evolução das técnicas de estabilização.	77
2.3.2 Evolução Ecológica.....	81
3 Metodologia para avaliação e implementação do IRR.....	85
3.1 Aplicação do IRR	86
3.2 Verificação de dados	98
3.3 Resultados obtidos	101
3.3.1 Qualidade dos resultados	101

ÍNDICE

3.3.2 Discussão dos resultados	102
4 Conclusão e perspectivas futuras	105
5 Bibliografia	109
6 Anexos	111

Índice de Tabelas

Tabela 1. Principais aspetos de diferenciação entre Eng. Natural e Civil (Adaptado Jalón, 2007 & Tánago, 2007).	17
Tabela 2. Técnicas de instalação de vegetação e proteção de margens e suas funções.	24
Tabela 3. Adaptação dos tipos de plantas para diferentes funções e aplicações de engenharia (Gray et al. 1996).	24
Tabela 4. Custos unitários das técnicas de Engenharia Natural. (Zeh, 2007)	26
Tabela 5. Vantagens e desvantagens de materiais inertes e vegetais.	27
Tabela 6. Especificações Estacaria.	32
Tabela 7. Especificações Muro Vivo.	33
Tabela 8. Especificações Gabiões Vivos.	34
Tabela 9. Especificações Manta de Fibra de Coco.	36
Tabela 10. Especificações Entrançado Vivo.	38
Tabela 11. Especificações Enrocamento Vivo	39
Tabela 12. Especificações Faxinas Vivas	41
Tabela 13. Crescimento das estacas de Sabugueiro.	52
Tabela 14- Crescimento das estacas de Salgueiro.	52
Tabela 15. Análise estatística do crescimento das estacas.....	53
Tabela 16. Análise comparativa dos Muros Vivos. (Pereira et al. 2015).....	78
Tabela 17. Análise comparativa do Manto de Fibra de Coco. (Pereira et al. 2015)	78
Tabela 18. Análise comparativa de Entrançado (Pereira et al. 2015).....	79
Tabela 19. Análise comparativa dos Enrocamentos. (Pereira et al. 2015)	80
Tabela 20. Valores do IRR e significado.	86
Tabela 21- Critérios avaliados no IRR (Teiga, 2011).....	87
Tabela 22- IRR: Qualidade da Água.	89
Tabela 23- Estatística descritiva das principais variáveis ambientais para os Rios do Norte de Pequena Dimensão (Tipologia de rios em Portugal, 2008).....	90
Tabela 24- Resumo das características hidrológicas (Teiga, 2011).....	90
Tabela 25- IRR: Hidrogeomorfologia.....	91
Tabela 26- Resumo características Corredores Ecológicos (Teiga, 2011).....	92
Tabela 27- IRR: Fauna.	92
Tabela 28- IRR: Flora.	93
Tabela 29- Resumo características de Alterações Antrópicas (Teiga, 2011).	94
Tabela 30- IRR: Alterações Antrópicas.	94
Tabela 31 - Resumo características de Participação Pública (Teiga, 2011).....	95

Tabela 32 - IRR: Participação Pública.	96
Tabela 33 - Resumo características de Organização e Planeamento (Teiga, 2011). ..	97
Tabela 34 -IRR: Organização e Planeamento.....	97
Tabela 35. Análise de sugestões e dificuldades na realização do IRR.....	99
Tabela 36. Caracterização do Rio Uíma.	116
Tabela 37. Caracterização da Ribeira da Granja.	116
Tabela 38 Crescimento médio semanal das estacas de Salgueiro e Sabugueiro.	117
Tabela 39- Análise comparativa dos CribWall's.	118
Tabela 40. Análise comparativa do Manto de Fibra de Coco.	119
Tabela 41. Análise comparativa dos Entrançados.	120
Tabela 42. Análise comparativa dos Enrocamentos.....	121

Índice de Figuras

Figura 1 Comparação das funções dos ecossistemas ribeirinhos em relação à Diretiva Quadro da Água (DQA) e complexidade e estrutura dos ecossistemas (adaptado de Lovett & Edgar, 2002; in Teiga 2011).....	22
Figura 2. Esquema conceptual de uma avaliação a uma restauração fluvial. (Adaptado de Morandi et al., 2014)	23
Figura 3. Localização do Parque das Ribeiras do Rio Uíma em Portugal.	28
Figura 4. Classificação da tipologia de morfologia do Curso de água. (Rosgen, 2007).....	29
Figura 5. Exemplo da prática de estacaria.	31
Figura 6. Exemplo de um Muro Vivo. (Teiga, 2015)	32
Figura 7. Exemplo de um Gabião. (Teiga, 2015).....	34
Figura 8. Exemplo de Manto de fibra de coco. (Teiga, 2015)	36
Figura 9. Exemplo do Entrançado. (Teiga, 2015).....	37
Figura 10. Exemplo do Enrocamento Vivo. (Teiga, 2015)	39
Figura 11. Exemplo de Faxinas Vivas. (Teiga, 2015)	41
Figura 12. Charco. (Teiga, 2015)	42
Figura 13. Estacas de marcação para a plantação.	43
Figura 14. Exemplo de uma poda	44
Figura 15. Operador efetuando limpeza com uma roçadora.	45
Figura 16. Corte de ramagem em linha de água. (Figura A: adaptado de Teiga, 2011)	46
Figura 17. Replantação de árvores nas margens do Uíma.	47
Figura 18. Estaca de Salgueiro etiquetada.	51
Figura 19 Muro Vivo submerso e erodido.	55
Figura 20. Muro Vivo em construção no Rio Uíma.	55
Figura 21. Gabiões Vivos no Rio Uíma.	56
Figura 22. Manta de Fibra de Coco no Rio Uíma.	58
Figura 23. Manta de Fibra de Coco no Rio Uíma na primavera.	58
Figura 24. Entrançado no Rio Uíma.....	60
Figura 25. Enrocamento Rio Uíma.....	61
Figura 26. Faxinas Vivas no Rio Uíma.....	62
Figura 27. Percurso canalizado e percurso a céu aberto da Ribeira da Granja.....	64
Figura 28. Plano de Obra da Ribeira da Granja na primeira fase.....	66
Figura 29- Colchão Reno.....	67
Figura 30- Enrocamento vivo.....	68
Figura 31- Enrocamento Vivo danificado.	68

Figura 32- Gabiões.	69
Figura 33- Entrançado.	70
Figura 34- Muros Vivos.	70
Figura 35- Bacia de Retenção.	72
Figura 36. Plano de Obras Ribeira da Granja 3ª fase.	73
Figura 37. Charco 3ª fase.	73
Figura 38 Enrocamento 3ª fase.	74
Figura 39 Enrocamento danificado 3ª fase.	74
Figura 40. Cheias no Rio Uíma.	78
Figura 41- Tipologia dos rios em Portugal (INAG 2008).	88
Figura 42. IRR Rio Uíma.	103
Figura 43. IRR Ribeira da Granja.	104
Figura 44. Avaliação segundo o IRR do Rio Uíma e da Ribeira da Granja.	115
Figura 45- A) CribWall Rio Uíma B) CribWall Ribeira da Granja.	118
Figura 46. Manto de Fibra de Coco no Rio Uíma.	119
Figura 47. Entrançado A) Rio Uíma e B) Ribeira da Granja. Sedimentação.	120
Figura 48. Enrocamento A) Rio Uíma e B) Ribeira da Granja.	121
Figura 49. Gabiões Vivos A) Rio Uíma e B) Ribeira da Granja.	122

1 Introdução

Deste a pré-história que o homem tem vindo a se instalar nas margens dos rios e ribeiras, pois estes serviam e servem ainda como fonte de água e alimento, para além de vias de comunicação e outras. Nas zonas ribeirinhas, devido ao seu baixo declive, comparando às zonas mais altas, era possível estabelecer comunidades em melhores condições, para além de estarem os terrenos mais férteis para a agricultura. O rio era também uma autoestrada para o comércio, pois o transporte de bens em embarcações era muito mais simples do que pelo terreno acidentado, dada a ausência de vias de comunicação em boas condições de circulação.

A falta de conhecimentos ou ingenuidade da maior parte das pessoas sobre a importância não só da presença de um rio ou ribeira, mas da boa qualidade do espaço ecológico que o envolve, ao nível da fauna, flora, das qualidades químicas, geológicas, entre outros aspetos de elevada importância, faz com que estas pessoas se descuidem ou simplesmente estejam pouco envolvidas no cuidar e proteger os espaços fluviais. Tendo em conta esta evidência, as sessões públicas de educação ambiental são extremamente importantes, na medida em que é possível mudar a mentalidade das pessoas e criar uma consciência ambiental diferente, que irá influenciar significativamente os cortes de vegetação ribeirinha, os resíduos que se observam nas margens e as descargas que são feitas nas linhas de água.

Esta consciência ambiental é uma parte crítica em qualquer projeto a nível ambiental. A reabilitação de um rio, após a limpeza de vegetação, podas e aplicação de técnicas de estabilização de margens, dá início a uma recuperação natural, independente ao ser humano (excluindo a monitorização e acertos pontuais). Mas esta recuperação natural pode ser profundamente alterada pelo homem. E neste ponto a responsabilidade recai sobre a população local. As práticas dos moradores e as indústrias locais vão ditar as condições futuras da linha de água. Não é eficaz nem sustentável recuperar uma linha de água se a população local não tem uma mentalidade de proteção e de cuidado com o meio ambiente. Por isso, qualquer projeto de recuperação deve construir uma sintonia entre a população local e a linha de água, criando uma ligação sustentável que irá beneficiar ambos.

Podemos verificar, nos dias de hoje, que as grandes cidades e uma grande percentagem da população portuguesa, ainda se encontram junto aos principais rios e seus afluentes, criando assim uma zona muito forte de potencial económico. Contudo,

estas zonas não são muito flexíveis às alterações que o rio sofre, como por exemplo erosão das margens e cheias. O homem sempre tentou controlar estas alterações através de vários tipos de construções como por exemplo as barragens e porões.

A esta intervenção muito associada à engenharia civil, deveríamos contrapor um outro tipo de intervenção. Uma intervenção que fosse mais respeitadora dos ciclos naturais e das dinâmicas biológicas, físicas e geológicas, a que se chamou de engenharia natural.

"A Engenharia Natural pode ser definida como um ramo da engenharia que tem como objeto o território, que procura otimizar os processos construtivos numa perspetiva simultânea de funcionalidade estrutural e ecológica. Tem, portanto, como objetivo primário que as suas intervenções preencham plenamente os objetivos que se lhes colocaram do ponto de vista das exigências de uso e se insiram simultaneamente o mais harmoniosamente possível no espaço sistemas naturais, utilizando para tal, os seus próprios sistemas e processos funcionais" (Fernandes, 2009: pág. 5).

O conceito de Engenharia Natural (ou pelo menos Engenharia Biológica), enquanto disciplina técnica, resulta de uma prática milenar que existe pelo menos desde os anos 30 a.C., usando materiais inertes, em várias circunstâncias, da qual temos referências na "Guerra das Gálias", de Júlio César, e na china antiga e moderna, no início do séc. XX.

Um dos problemas com a reabilitação ribeirinha é que as autarquias aproveitam as obras de intervenção para criar parques de lazer e artificializar as margens. A intenção é mostrar trabalho e mais um local público acessível, o que leva muitas das vezes à condução da linha de água e à desflorestação das margens. Se a engenharia natural se baseia nos processos naturais, usando as plantas como material de suporte e estabilização das margens, devido ao seu carácter duradouro e flexível às alterações naturais do rio, as engenharias convencionais (construção Civil e tradicional) preferem usar matérias inertes, que não são flexíveis a mudanças, e são dispendiosos e com grandes impactos ambientais.

A Engenharia Natural não só se diferencia da Engenharia Civil pelos materiais utilizados durante as intervenções, mas também em vários outros aspetos (Tabela 1). Tendo, a Engenharia Natural, como já referido, um carácter duradouro e flexível, necessita de um estudo prévio muito completo e detalhado para garantir o sucesso do

projeto. Ela limita-se a seguir as condições mais naturais possíveis, podendo favorecer a atividade humana, mas nem sempre da forma ótima.

Tabela 1. Principais aspetos de diferenciação entre Eng. Natural e Civil (Adaptado Jalón, 2007 & Tánago, 2007).

Aspetos	Engenharia Civil	Engenharia Natural
Bases e Condicionantes do projeto	Estabelecidos pelo projetista	Estabelecido pela condição atual processos naturais de cada rio
Condições iniciais do lugar do projeto	Não são necessárias	A sua descrição e conhecimento é essencial para a recuperação
Condições de referência	Não existe	As condições biogeográficas, hidrográficas e geomorfológicas definem a tipologia do rio
Imagem objetivo	Criado pelo projetista seguindo as medidas disponíveis e criatividade	Estabelecida a partir das condições de referência e atuação em cada caso
Limitações do desenho	Não existem em teoria	Estabelecidas pela natureza
Prazo de execução	Refere-se ao prazo de tempo em que termina a obra	Refere-se ao momento em que acabam as intervenções e inicia o processo de sucção que não termina
Prazo de garantia	Está de acordo com os materiais utilizados e acordado, num curto período de tempo	Não existe garantia completa das intervenções, mas em caso de sucesso podem ser de longo tempo
Resultado do projeto e necessidade de manutenção	São definidas pelo projetista para manter a integridade desejada sempre que necessário	Podem ser necessário alguns ajustes pontuais nos primeiros anos após conclusão

A taxa de sucesso é uma das componentes mais importantes para se avaliar o impacto de cada intervenção, uma vez que para estas técnicas existem várias variáveis (estacas, estruturas, invasoras, compactação do solo, plantação e clima entre outros). Isto porque as técnicas podem comprometer a sua função e, conseqüentemente, falhar com os objetivos do projeto de reabilitação. Tendo em conta estas variáveis, a monitorização é uma ferramenta crucial para o sucesso de um projeto de reabilitação de uma área ribeirinha.

O principal resultado de projetos de restauração são as conclusões da sua avaliação. Este é um elemento crítico, caso os projetos de reabilitação pretendem ser considerados experiências de manipulação do sistema hidrológico. Em segundo lugar, as avaliações providenciam dados operacionais e guias para projetos futuros e para implementar gestão adicional (Downs and Kondolf, 2002). Em cada um dos casos, alcançar os objetivos da reabilitação é crucial (England et al., 2008).

1.1 Objetivos

O trabalho de investigação que deu suporte a esta dissertação teve como principal foco a reabilitação de zonas ribeirinhas e a ferramenta de avaliação para aplicar à mesma reabilitação. Pretendeu-se testar as técnicas de Engenharia Natural existentes e, de uma forma crítica, avaliar a sua aplicabilidade no terreno.

Neste trabalho de investigação tivemos como principal foco os cursos de águas ribeirinhas e rios de pequena dimensão, com caudais mais reduzidos e margens menos extensas, o que se concretizou nos casos de estudo.

Pretendia-se também propor um novo método de avaliação ribeirinha, com base no trabalho desenvolvido por Pedro Teiga (2011), de forma a avaliar a sua eficácia e analisar os dados resultantes do mesmo. Este método tem como objetivo criar um índice simples, mas completo, que permita a técnicos com formação específica fazer uma avaliação rápida e muito completa de um rio/ribeira em Portugal e reunir esses dados numa base dados acesso a nível nacional.

Assim, o estudo desenvolvido nesta dissertação tem como principais objetivos:

- Conhecer as metodologias utilizadas na caracterização de rios e ribeiras;
- Desenvolver competência técnica para realizar saídas de campo de caracterização;
- Implementar/realizar programas de monitorização do estado de qualidade de sistemas ribeirinhos;
- Construção de relatórios de caracterização e interpretar resultados obtidos;
- Propor soluções de reabilitação de rios no âmbito ambiental;
- Contribuir para o desenvolvimento de ferramentas de apoio à reabilitação fluvial.

Com este trabalho pretende-se, inclusive, dar conhecimento sobre o estado dos rios e ribeiras de Portugal; como devem ser feitas as intervenções de melhoria, recorrendo a técnicas centenárias, mas inovadoras, tendo em conta o seu custo e resultados a médio-longo prazo; e, também, avaliar cada uma das técnicas de Engenharia Natural no terreno e fornecer sugestões e dados científicos sobre as mesmas, nomeadamente sobre o crescimento da estacaria com valores nunca registados em condições naturais.

1.2 Estrutura geral do relatório

Esta tese surge como um estudo de continuidade ao trabalho realizado pelo Pedro Teiga no seu doutoramento (Teiga, 2011), no sentido em que dá continuidade e desenvolvimento ao IRR (*Índice de Reabilitação de Rios*) e avaliação de um projeto realizado durante o doutoramento, após 3 anos do seu término.

Para completar os conhecimentos adquiridos durante o Mestrado sobre a temática de Reabilitação Fluvial, recorreu-se a uma extensiva pesquisa bibliográfica, com livros cedidos pelo orientador na empresa e documentos existentes na internet, adquirindo ferramentas para poder participar em saídas de campo e projetos de reabilitação.

Após uma longa pesquisa bibliográfica, houve a oportunidade de participar num projeto¹ onde se ia iniciar a aplicação de algumas técnicas de Engenharia Natural, o que proporcionou, sem dúvida, uma ferramenta para entender a sua construção, o local onde eram necessárias, o tipo de técnica para certo local, a sua evolução e a sua função, enquadrada no espaço inserido. Assim, acompanhando a obra e o projeto, adquiriu-se conhecimentos que nos iam permitir avaliar melhor outros projetos e identificar outros locais que necessitassem de intervenção.

Todos os dados recolhidos em campo foram acompanhados de registos fotográficos, que posteriormente foram integrados nesta dissertação, bem como em relatórios da empresa, relatórios para clientes, *website* da empresa, apresentações/formações e biblioteca fotográfica.

Na avaliação de projetos de reabilitação já implementados, começou-se a criar uma base de indicadores que seriam relevantes para o sucesso das técnicas de Engenharia Natural e das Técnicas de Limpeza. Uma vez criados os indicadores, procedeu-se ao trabalho de campo em várias ocasiões, pois teve-se em conta várias variáveis, como o caudal (com e sem chuva), época do ano e descargas.

Ambos os casos de estudo (Rio Uíma e Ribeira da Granja) localizam-se na carta biogeográfica de Portugal, preparada no Departamento de Proteção das Plantas e de Fitoecologia do Instituto Superior Agronomia, classificada como 1A1- Superdistrito Miniense-Litoral, tendo assim uma tipologia de vegetação semelhante, apesar dos quilómetros que os separa e se localizarem em diferentes bacias hidrográficas.

¹ Projeto do Parque das Ribeirinhas no Rio Uíma (Santa Maria da Feira).

2 Avaliação e caracterização de projetos de reabilitação fluvial

As zonas ripícolas, como habitats biofísicos, são consideradas como um das mais complexas do planeta, quer pela sua biodiversidade, dinamismo e produtividade primária, quer pela sua importante função de corredor ecológico, exercida pela interligação do leito e das margens do rio com a vegetação. Os rios, juntamente com as zonas húmidas, estão entre os ecossistemas mais ameaçados do mundo (Teiga 2011).

Quanto maior a largura do corredor ripário, maior será a oportunidade para criar e manter os *habitats* de interior e de margem, para acumulação de água, partículas orgânicas e nutrientes que, numa fase posterior, o rio exporta para os sistemas adjacentes. De igual forma, assegura a sua efetividade como filtro ou barreira, oferecendo espaço para os gradientes, que determinam os processos de erosão, sedimentação, acumulação seletiva das diferentes partículas e organismos no seu interior (Saraiva, 1999; Moreira *et al.*, 2004; Ferreira & Aguiar, 2006; Oliveira *et al.*, 2007)

As designações restauração, reabilitação, renaturalização, recuperação, requalificação, remediação e regularização fluvial, são muito frequentemente confundidas, existindo, no entanto, importantes diferenças na definição do conceito, pelo que o seu uso deverá ser ajustado à tipologia de intervenção, para facilitar a comunicação e investigação.

A reabilitação surge como necessidade de cumprir os requisitos da Diretiva Quadro da Água (Waal *et al.*, 1998; Perrow & Davy, 2002; Teiga, 2003, URBEM, 2005), da Diretiva de Avaliação e Gestão das Inundações para uma água de boa qualidade, para os diferentes usos, e o empenho num desenvolvimento sustentado com índices de boa qualidade ambiental (Figura 1).

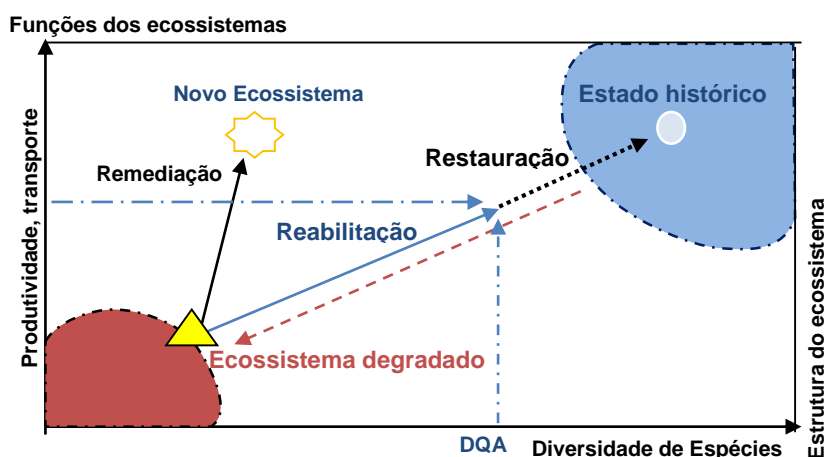


Figura 1 Comparação das funções dos ecossistemas ribeirinhos em relação à Diretiva Quadro da Água (DQA) e complexidade e estrutura dos ecossistemas (adaptado de Lovett & Edgar, 2002; in Teiga 2011).

Considera-se fundamental a existência de etapas bem definidas, que sejam orientadoras para elaborar e concretizar processos e projetos de reabilitação. Definiram-se, como síntese, dez princípios de reabilitação, que pretendem ser guias de atuação na melhoria da sustentabilidade dos recursos hídricos em Portugal:

- P1. Promover a integridade ecológica e preservar a qualidade da água;
- P2. Aumentar o grau de liberdade do corredor fluvial;
- P3. Disponibilizar espaço e tempo para as funções e atividades ribeirinhas de acordo com o referencial (histórico, ecológico, ciclos);
- P4. Conhecer os problemas, prevenir a degradação, determinar o grau de vulnerabilidade e mitigar os impactes do processo de reabilitação;
- P5. Promover a função de corredor ecológico e a biodiversidade, com espécies autóctones dos rios e ribeiras;
- P6. Desenvolver projetos com objetivos claros, atingíveis e mensuráveis e com um desenho sustentável;
- P7. Atuar a favor da Natureza, numa conceção naturalista e realizar uma manutenção orientada (técnicas de Engenharia Natural, nomeadamente após cheias);
- P8. Estudar e acompanhar as alternativas em projetos, com indicadores e com competência técnica multidisciplinar;

P9. Envolver os mediadores, decisores, parceiros, interventores e partes interessadas (*stakeholders*) com valores socialmente justos;

P10. Integrar as ações em estratégias e nos planos de ordenamento do território.

A avaliação de um projeto de reabilitação resulta de um conjunto de resultados biométricos, físico-químicos, pontos de referência, monitorização e referências absolutas (Figura 2). O conjunto destes resultados providenciam uma avaliação inteira do projeto de reabilitação e assim caracteriza o sucesso do mesmo.

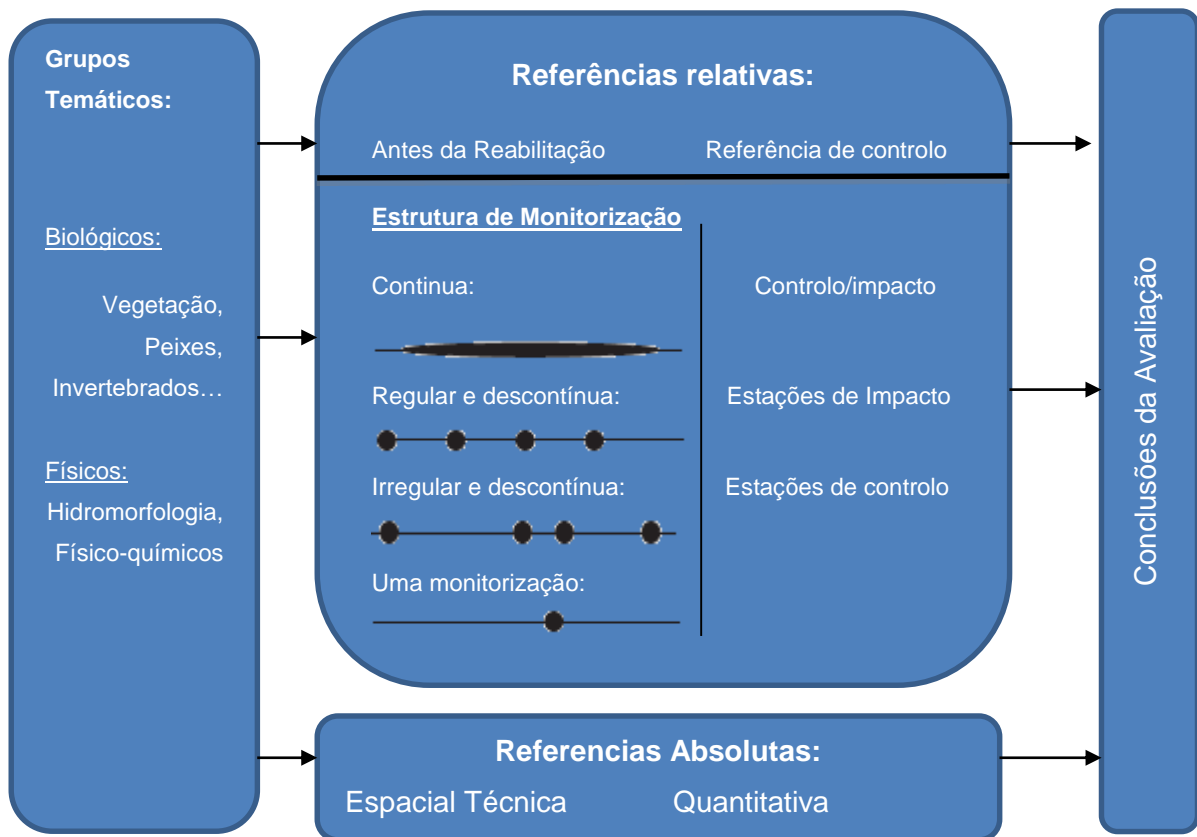


Figura 2. Esquema conceptual de uma avaliação a uma restauração fluvial. (Adaptado de Morandi et al., 2014)

Neste capítulo iremos avaliar o desenvolvimento de algumas técnicas de Engenharia Natural nos dois casos de estudo referidos, começando por referir a sua importância e função no processo de reabilitação fluvial, de um modo menos invasiva e dispendiosa.

Tabela 2. Técnicas de instalação de vegetação e proteção de margens e suas funções.

Técnica	Estabilização	Cobertura
Estacaria viva	X	
Muro vivo tipo “Cribwall”	X	
Gabiões vivos	X	
Cobertura com manta de Fibra de coco	X	X
Entrelaçado vivo	X	
Enrocamento Vivo	X	X
Faxinas Vivas		X

Todas as técnicas usadas, são de ordem temporária, pois estão a criar condições para que a vegetação se possa desenvolver, e será esta que irá ter a função de estabilização e cobertura do solo no futuro (Tabela 2). A vegetação a ser plantada, em cada uma das técnicas, tem que ser escolhida para que garanta a estabilização da margem, não seja uma invasora e seja uma espécie ribeirinha (Tabela 3).

Tabela 3. Adaptação dos tipos de plantas para diferentes funções e aplicações de engenharia (Gray et al. 1996).

Tipo de Vegetação	Vantagens	Desvantagens
Gramíneas	Versáteis e baratas, elevando espectro de tolerância, estabelecimento rápido, elevada densidade de cobertura	Enraizamento superficial, necessitam de manutenção regular
Caniços e juncos	Estabelecem-se bem em margens de rios e lagos, crescimento rápido	Plantação manual dispendiosa, Obtenção difícil
Herbáceas	Enraizamento profundo, atrativas em relvados	Sementes dispendiosas, às vezes difíceis de estabelecer, muitas espécies morrem no Inverno
Arbustos	Robustas e razoavelmente baratas, muitas espécies podem ser semeadas, cobertura do solo muito significativa, enraizamento profundo, reduzida necessidade de manutenção, muitas espécies sempre verdes	Estabelecimento mais dispendioso e por vezes mais difícil
Árvores em geral	Enraizamento muito significativo, algumas podem ser semeados, nenhuma manutenção quando bem estabelecidas	Estabelecimento prolongado, crescimento lento, dispendiosas

Leguminosas	Estabelecimento barato, fixam azoto, combinam bem com gramíneas	Não são tolerantes a locais difíceis
Choupos e salgueiros	Enraízam facilmente de estaca, versáteis, muitas técnicas de plantação, estabelecimentos rápido	Necessitam de manutenção de modo a selecionar a forma de estabelecimento corretivo, não crescem de semente

As técnicas de engenharia natural são uma oportunidade para melhorar a estabilização das margens e promover o aumento da diversidade de *habitats* dos ecossistemas ribeirinhos, uma vez que são de carácter económico e fácil construção, sendo uma solução muito interessante para a problemática da erosão de margens de rios e ribeiras.

A aplicação destas técnicas promove vários tipos de benefícios no combate à erosão e na proteção de margens, mas também promove a ecologia local. Estas são as suas funções técnicas, ecológicas e estéticas:

Funções técnicas:

- Proteção da superfície pela erosão do solo, precipitação, gelo e água corrente;
- Proteção contra a queda de rochas;
- Eliminação ou amortecimento de forças mecânicas destrutivas;
- Redução da velocidade do fluxo ao longo das margens;
- Aumento da coesão superficial e profunda do solo e sua estabilização
- Drenagem;
- Promoção da deposição de neve, areia e outros sedimentos;
- Aumento da rugosidade do solo e prevenção de derrocadas;
- Funções ecológicas, em particular aquelas omissas ou muito parcialmente preenchidas pelas intervenções clássicas de engenharia civil.

Funções ecológicas

- Melhoria do regime hídrico por melhoria da interceção, infiltração e capacidade de retenção hídrica, assim como consumo pela vegetação;
- Drenagem do solo;
- Proteção do vento
- Proteção da poluição atmosférica;

- Promoção das condições mecânicas do solo através das raízes;
- Sombreamento e controle de infestantes;
- Balanço da temperatura da camada do ar junto ao solo e do solo;
- Melhoria das condições nutricionais e, conseqüentemente, da fertilidade do solo ou de substratos incultos;
- Equilíbrio dos depósitos de neve;
- Proteção contra o ruído;
- Aumento da produtividade das culturas adjacentes;
- Aumento dos corredores ecológicos;
- Aumento de ecossistemas.

Funções estéticas

- Enquadramento de feridas abertas na paisagem por catástrofes naturais ou intervenções humanas (exploração de recursos minerais, trabalhos de construção, aterros de inertes, escombreliras, aterros sanitários);
- Integração de estruturas na paisagem;
- Ocultação de estruturas ofensivas;
- Enriquecimento da paisagem através da criação de novos elementos, estruturas, formas e cores da vegetação.

Todas estas técnicas têm um custo associado. Ele pode variar de obra para obra, pois tudo depende se o material inerte está disponível no local ou se requer comprar/transportar o material necessário (Tabela 4).

Tabela 4. Custos unitários das técnicas de Engenharia Natural. (Zeh, 2007)

Técnicas	Custo Unitário
Estacaria viva	3-5€/estaca
Muro vivo tipo “Cribwall”	100-250€/m ²
Gabiões vivos	160-220€/m ²
Cobertura com manta de fibra de coco	5-10€/m ²
Entrelaçado vivo	30-60€/m
Enrocamento vivo	120-180€/m ²
Faxinas Vivas	20-40€/m ²

Caso a obra se faça num local onde seja fácil arranjar material vegetal e inerte (como por exemplo rochas), como foi o caso do Parque das Ribeiras, o preço é

relativamente mais baixo, pois os custos de mão-de-obra e de maquinaria são os mais relevantes.

A construção ideal é aquela que combina materiais inertes e vegetais juntos, pois ambos têm propriedades muito diferentes, o que faz com que sejam complementares um do outro. Em Engenharia Natural pretende-se que toda a obra seja substituída por uma nova sucessão ecológica ou favoreça a existente. Para isso idealiza-se o mínimo de material artificial. Como se pode verificar na Tabela 5, as vantagens de um podem ser a solução para as desvantagens do outro.

Tabela 5. Vantagens e desvantagens de materiais inertes e vegetais.

Utilização da vegetação como material de construção		Utilização de materiais inertes como material de construção	
Vantagens	Desvantagens	Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> - Não é afetada por processos de degradação, proporcionando, pelo contrário uma estabilização crescente e possuindo, cumulativamente, uma capacidade regenerativa intrínseca. - Preenche a sua função protetora de modo elástico, absorvendo os elementos e ações "agressivas", diminuindo ou anulando a sua intensidade. - É biológica e ecologicamente funcional. - Possibilita e conduz a uma valorização estética e paisagística, com o enquadramento da construção no espaço natural. 	<ul style="list-style-type: none"> - Não preenche em todas as situações, as exigências de consolidação e segurança requeridas. - Exige uma aplicação adaptada e dependente das características do sítio, não sendo também passível de utilização construtiva em qualquer altura do ano. - Só atinge a sua eficiência técnica plena após um certo intervalo de tempo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Poderão ser mais estáveis. - São mais independentes das características do sítio e de aplicação menos limitada temporalmente. - Ficam funcionais a curto prazo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tendem a perder a sua eficiência devido à corrosão e degradação e não possuem capacidade de autorregeneração. - Funcionam, relativamente aos agentes agressivos como estruturas construtivas rígidas e não, ou pouco deformáveis. - Não preenchem qualquer função biológica. - Constituem, normalmente, elementos estranhos na paisagem.

2.1 Caso de estudo do Rio Uíma

2.1.1 Enquadramento

O Rio Uíma é um afluente da margem esquerda do rio Douro, cuja bacia hidrográfica ocupa uma área de cerca de 72 km². Nasce no lugar de Duas Igrejas, na freguesia de Romariz, concelho de Santa Maria da Feira e tem a sua foz em Crestuma, no concelho de Vila Nova de Gaia, ligeiramente a jusante da barragem de Crestuma-Lever.

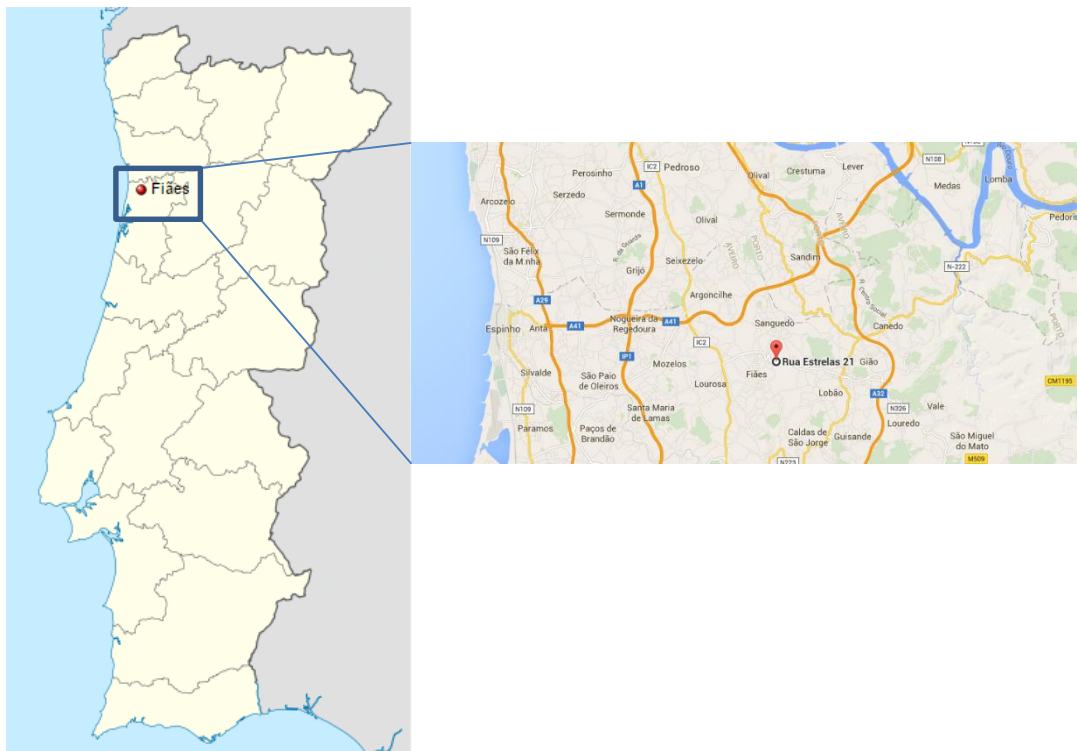


Figura 3. Localização do Parque das Ribeiras do Rio Uíma em Portugal.

Foram escolhidos seis hectares para criar o Parque das Ribeiras do Uíma, situado num vale entre as povoações de Fiaes e Lobão, onde combinam vários sistemas de zonas húmidas, terrestres e ocupação humana formando uma extensa várzea. Ela é caracterizada pelo extenso bosque paludoso de amieiros (*Alnus glutinosa*) e bosques de salgueiros (*Salix sp.*). A nível de Fauna há registo da presença da lontra (*Lutra lutra*), Salamandra de Pintas Amarelas (*Salamandra salamandra*), Águia de Asa Redonda (*Buteo buteo*), Enguia (*Anguilla anguilla*), Boboleta-Pavão-Diurno (*Inachia io*), Garça-real ou Garça cinzenta (*Ardea Cinérea*), Rã Ibérica (*Rana ibérica*), Lagarto de Água (*Lacerta achreiberi*), Salamandra Lusitânica (*Chiogloss lisanica*), Guarda-Rios (*Alcedo atthis*), entre outros mais comuns.

Esta área foi alvo de valorização de margens, nomeadamente a preservação da biodiversidade e conservação dos corredores ecológicos, e reabilitação das margens através de técnicas de Engenharia Natural, num projeto da Engenho e Rio, em conjunto com a Câmara de Santa Maria da Feira.

Toda a área do parque foi no passado explorada por práticas agrícolas, principalmente campos de milho, o que explica a inexistência de declive do terreno e ribeiras limitadas por muros e do Tipo A. Nos últimos anos os terrenos têm sido abandonados e a falta da sua manutenção permitiu a criação de charcos temporários e permanentes, onde surgiu uma nova susceção ecológica de Amieiros e Salgueiros. O crescimento da flora descontrolada obstruiu as linhas de água, criando uma barreira natural à água e objetos que esta transporta e, por consequência, aumentou a frequência e dimensão as cheias.

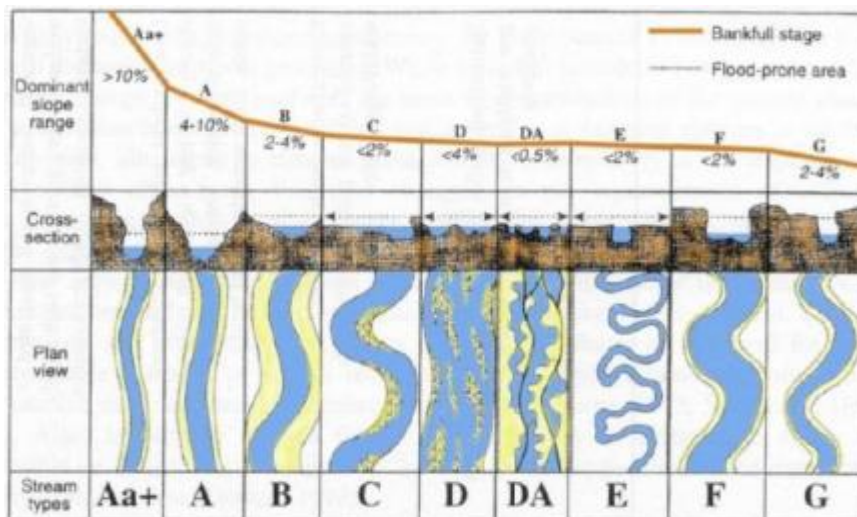


Figura 4. Classificação da tipologia de morfologia do Curso de água. (Rosgen, 2007)

O Projeto de reabilitação do Rio Uíma teve como objetivo a estabilização das margens mais afetadas pela erosão, limpeza e desimpedimento das linhas de água, plantação de árvores autóctones nas áreas mais carentes de erosão, educação e sensibilização ambiental e promoção da flora e fauna existentes.

2.1.2 Metodologia

Este foi um projeto no qual tivemos a oportunidade de participar e acompanhar as obras de construção das técnicas de Engenharia Natural e as atividades de limpeza e corte de material vegetal. Assim, adquirimos um longo registo fotográfico do processo de construção e limpeza durante o estágio e foram retirados vários dados científicos para análise de resultados.

Foram monitorizadas uma amostra da população de estacas de Salgueiro e Sabugueiro colocadas em toda a área do projeto, através de etiquetagem das mesmas no mês de Março (quando começaram a rebentar), até ao fim do estágio, com o objetivo de registar o crescimento semanal e a taxa de sucesso das mesmas. São também referidas algumas sugestões sobre a colocação e sobre o período de colocação das estacas.

Quanto à avaliação das técnicas de Engenharia Natural, foram realizadas inúmeras saídas de campo durante o período de estágio, para obter uma monitorização regular, descontínua, semanalmente, onde foi registado o comportamento estrutural das técnicas e o comportamento da vegetação envolvente.

2.1.3 Técnicas de estabilização de margens e controlo de erosão.

Para a estabilização e controlo de erosão, e promover o aumento da diversidade de *habitats* dos ecossistemas ribeirinhos, nas margens do Rio Uíma e seus afluentes ribeirinhos dentro do parque, foram aplicadas cerca de sete técnicas de Engenharia Natural: Estacaria viva, Muro vivo tipo “Cribwall”, Gabiões, Cobertura com manta de fibra de coco, Entrelaçado vivo, Faxinas vivas e Enrocamento Vivo.

Estacaria viva

É uma construção hidráulica longitudinal, utilizada na estabilização de taludes de margens fluviais, que consiste na execução de estacaria de espécies autóctones vizinhas à área de intervenção. As estacas devem ter um comprimento entre os 40cm e

o 1.5m, e um diâmetro entre os 4 e 8 cm. Quanto maior a estaca, maior será a profundidade em que se desenvolverão as raízes e portanto maior estabilidade. A sua aplicação no terreno deve garantir que a estaca esteja em humidade permanente, isto é, que seja atingido o nível freático, especialmente no verão (Figura 5).

As estacas são bastante resilientes na integração paisagística envolvente, sendo recomendadas para reparar pequenos deslizamentos e/ou assentamentos de terra devido ao excesso de humidade. O estabelecimento das estacas permite o controlo da erosão fluvial e favorece a estabilização com o coberto vegetal criado. Geralmente são utilizadas em combinação com outras técnicas de defesa fluvial.

Apresenta como principais vantagens ser uma técnica de realização simples, baixo custo, notável evolução dos ecossistemas e fornecedor de material vivo. Necessita de ações de manutenção ao nível de podas periódicas, para favorecer o desenvolvimento radicular das estacas. Deve-se fazer também desbaste, caso seja necessário garantir a elasticidade das plantas e controlar o seu desenvolvimento excessivo. O técnico deve aprovar as espécies que vão fornecer as estacas.

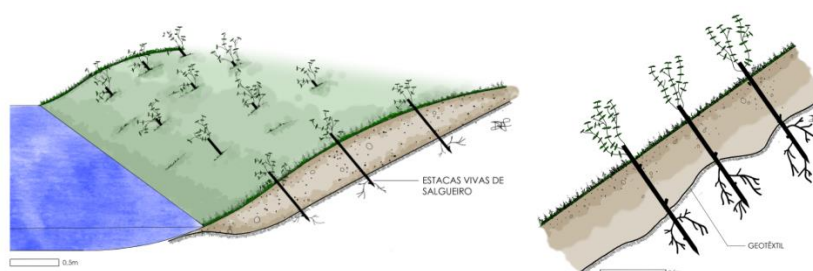


Figura 5. Exemplo da prática de estacaria.

Período de Execução (Zeh, H. 2007)

- Durante o repouso vegetativo.
- Preferencialmente durante o Outono/Inverno (referido em toda a bibliografia), quando há mais humidade.

Manutenção

- Necessita de podas nos primeiros tempos para favorecer o desenvolvimento radicular. Desbastes, caso seja necessário garantirmos a elasticidade das plantas, controlar o seu desenvolvimento excessivo e garantir que o sistema radicular fornece nutrientes necessários à planta toda.

Tabela 6. Especificações Estacaria.

Material Utilizado	Estacas vivas de Salgueiro
Dimensões (m)	1 – 1,5
Quantidades	3/m ²
Tempo de Implementação	1 min./Unid.
Função no Habitat	II
Espaço requerido	0,5 m ²

Muro vivo tipo “Cribwall”

É uma técnica de construção de muros vivos. É uma estrutura transversal para consolidação com grelhas em escadaria para estabilização de encostas ou margens, ou como estrutura longitudinal para proteção de bancos de solo. Começando na base com geotêxtil (caso desejado), para que a estrutura não se afunde no solo e que o solo não seja erodido por baixo, por cima leva uma camada de rochas com vários tipos de dimensões onde, por fim, é colocado troncos de madeira tratada, todos com o mesmo comprimento. Estes são colocados em esquadria, formando uma “caixa”, resultante da sobreposição dos troncos transversais e longitudinais, fixos por cavilhas de ferro, que é preenchida por material drenável, material vivo autóctone (estacas) provenientes de plantas dotadas de propagação vegetativa e/ou plantas em torrão e raízes nuas, que emitam raízes adventícias e nascem para o exterior.



Figura 6. Exemplo de um Muro Vivo. (Teiga, 2015)

Materiais necessários: Madeira redonda (Troncos) com 10-40 cm de diâmetro e comprimentos entre 3-5 metros, estacas de reforço com 12-14cm de diâmetro, material de enchimento, estacas vivas, plantas e/ou raízes.

Período de Execução (cf. Zeh, H. 2007)

- Todo o ano (estrutura em madeira), preferencialmente quando o caudal esteja baixo (caso seja numa margem)
- Período de repouso vegetativo (estacaria viva e plantações)

Manutenção

- Vigiar no primeiro ano, de modo a evitar o descalçamento da estrutura.
- Substituição de estacas ou plantas que não tenham enraizado
- Repor o solo que seja erodido nos primeiros dias.

Tabela 7. Especificações Muro Vivo.

Material Utilizado	Troncos de madeira	Pedra não friável	Estacas vivas de Salgueiro ou sabugueiro	Geotêxtil (m²)	Cavilhas	Material de enchimento (terra)
Dimensões (m)	Diâmetro: 0,15 – 0,40 Comprimento: 3-5	0,10 – 0,15	0,5 – 1,0	2,0m x 1,0m	0.2	
Quantidades	8/m ²	1m ²	12/m ³	2m ²	8/m ²	1m ³
Tempo de Implementação	60 min./m ²					
Função no Habitat	V					
Espaço requerido	1 – 1,5m (75°)					

Gabiões vivos

A aplicação desta técnica faz-se essencialmente para desempenhar a função de proteção contra a erosão fluvial e, ao mesmo tempo, servir de suporte à margem, em caso de instabilidade gravítica. Este tipo de técnicas são estruturas com elevada permeabilidade e flexibilidade.

São estruturas em forma de caixa retangular, com rede de malha hexagonal, em arame galvanizado reforçado, e o seu interior é preenchido com pedra não friável, onde

serão inseridas as estacas de plantas dotadas de propagação vegetativa na face virada para o exterior, que irão servir como suporte da margem e controlo de erosão. Tem esta técnica a vantagem de efeito imediato de contenção, rápida execução, simples, e de não necessitar de tarefas de manutenção específicas, apenas monitorizada de forma a evitar danos na estrutura. Ao contrário das restantes técnicas descritas, os gabiões plantados não constituem, na sua essência, uma técnica de Engenharia Natural, já que a vegetação nunca substituirá plenamente as funções de suporte do gabião.

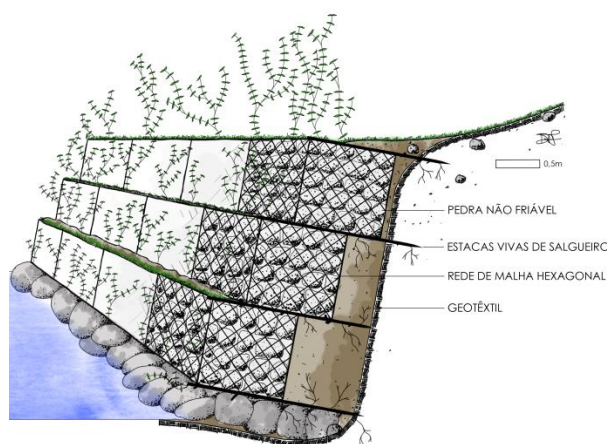


Figura 7. Exemplo de um Gabião. (Teiga, 2015)

Material necessário: Rede de malha hexagonal, em arame galvanizado reforçado, pedra não friável e estacas de plantas dotadas de propagação vegetativa.

Período de Execução (cf. Zeh, 2007)

- Todo o ano (estrutura)
- Período de repouso vegetativo (estacaria viva)

Manutenção

- Não necessita de tarefas de manutenção específicas, apenas se deve ter em atenção para o caso de surgirem danos na estrutura ou infestantes a nascerem.

Tabela 8. Especificações Gabiões Vivos.

Material Utilizado	Rede de malha hexagonal (2 x 1 x 0,5 cm) em arame galvanizado reforçado	Pedra não friável	Estacas vivas de Salgueiro	Geotêxtil
---------------------------	--	--------------------------	-----------------------------------	------------------

Dimensões (m)	3,0 x 1,0 x 0,5	0,10 –	1 – 1,5	2,0 x 3,0
Quantidades	1,5m ³	9m ²	6/m ³	6m ²
Tempo de Implementação	60 min./m ²			
Função no Habitat	II			
Espaço requerido	1,5 – 2m (45°)			

Cobertura com manta de fibra de coco

O solo da margem é trabalhado até ter uma inclinação de 30°-45° de declive, onde é então estendida a manta de fibra de coco da base (junto à água) até ao topo. São colocadas estacas no solo, em toda a sua área, com espaçamento na transversal e longitudinal de 90-100 cm. Estas estacas são ligadas entre elas, transversalmente e/ou longitudinalmente, por mais estacas, que são colocadas por cima da manta de fibra de coco e pregadas a, no mínimo, 3 estacas enterradas, para manter a manta de fibra de coco no solo. Podem ser utilizadas estacas vivas no solo para prender a manta.

Após a sua colocação é plantado, por estacaria, plantas dotadas de propagação vegetativa com espaçamento de 50-100 cm. A manta de fibra de coco serve para estabilizar a margem e, principalmente, proteger o solo de erosão até as estacas ganharem as suas raízes e poderem proteger o solo da erosão por elas próprias.

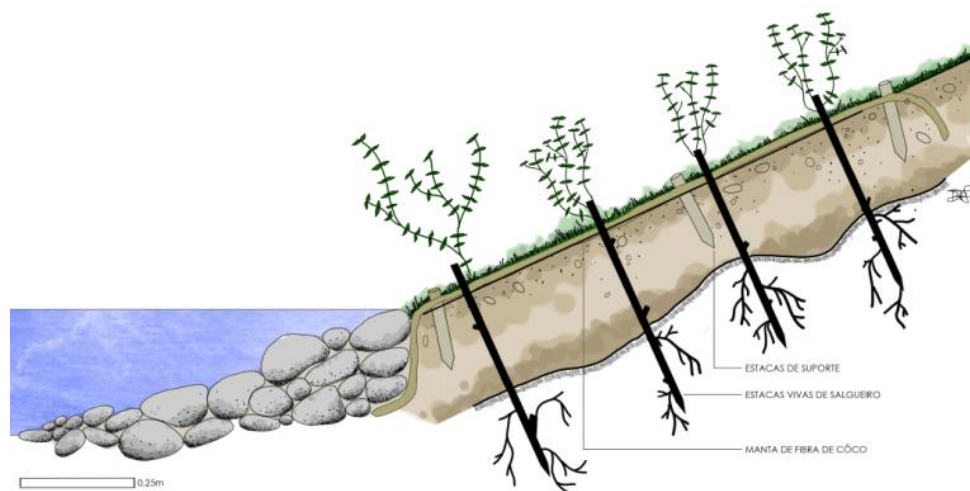


Figura 8. Exemplo de Manto de fibra de coco. (Teiga, 2015)

Materiais necessários: Estacas com entre 1.5 a 2m vivas (ou não). Estacas vivas de espécies com capacidade de propagação vegetativa, manto de fibra de coco e pregos.

Período de Execução (cf. Zeh, 2007)

- Durante todo o ano, mas no caso de ser em combinação com sementeira ou plantação, durante o período de repouso vegetativo.
- Quando o caudal do rio/ribeira estiver baixo, para facilitar a sua colocação.

Tabela 9. Especificações Manta de Fibra de Coco.

Material Utilizado	Estacas de suporte	Estacas vivas de Salgueiro	Manta de Fibra de Coco
Dimensões (m)	2,0	0,5 – 1	2m x 25m (50m ²)
Quantidades	4/m ²	3/m ²	1m ²
Tempo de Implementação	10 – 20 min./m ²		
Função no Habitat	II		
Espaço requerido	2 – 4m (35°)		

Entrançado vivo

É uma técnica de utilização mais generalizada e diversificada, utilizada desde a antiguidade, na qual constituem em conjunto com as fascinas. São normalmente utilizados na proteção de margens fluviais e na estruturação e consolidação de taludes e encostas com vários tipos de inclinação. Esta é uma técnica de utilização simples, consistindo na execução de um entrançado de ramos vivos de salgueiro (ou outras espécies lenhosas, com características ecológicas semelhantes e adequadas às características do local de intervenção) em torno de estacas (que podem também ser vivas) cravadas no solo. Utilizadas muitas vezes para a proteção de margens de linhas de água onde a velocidade máxima da água seja inferior a 3.5 m/s (há autores que indicam um limite muito mais baixo da ordem de 1.5 m/s).

O entrançado vivo apresenta ainda vantagens como a proteção imediata das margens, rápida estabilização da base das margens em erosão, contenção imediata do terreno, permitindo a proteção da base da margem e o conseqüente descalçamento, sendo ainda uma técnica com capacidade adaptativa à morfologia do terreno. Desta forma, deveremos ter atenção à aplicação da mesma, podendo ter o enraizamento limitado. Tendo em conta a quantidade de material usado, nem sempre é possível recolher estacas elásticas e flexíveis em quantidade suficiente, e sendo uma estrutura mais exposta necessitará de uma manutenção mais atenta.

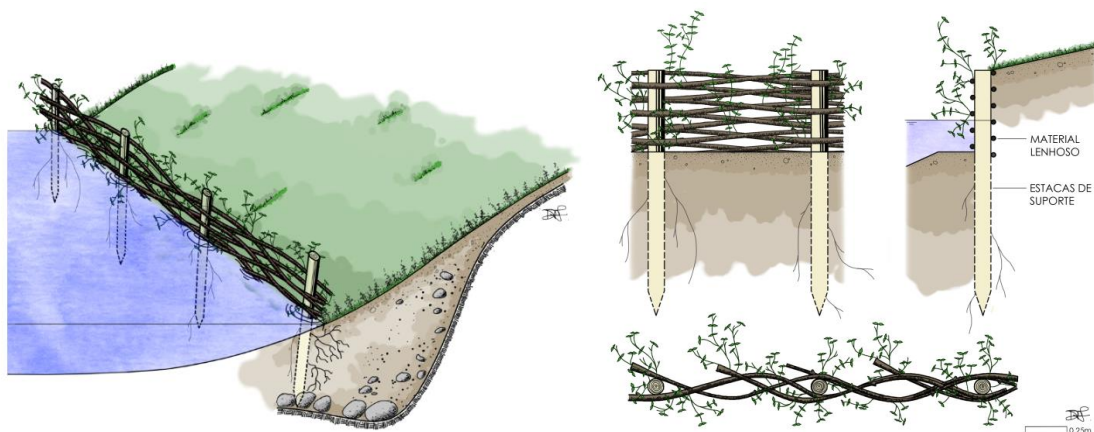


Figura 9. Exemplo do Entrançado. (Teiga, 2015)

Materiais necessários: Ramagem viva ou estacas de espécies com capacidade de propagação vegetativa, Troncos de madeira, Pedras e Pregos ou cavilhas.

Período de Execução (cf. Zeh, 2007)

- Durante o repouso vegetativo.
- Quando o caudal do rio/ribeira estiver baixo, para facilitar a sua colocação.

Manutenção

- Podas e cortes seletivos para manter a elasticidade da obra e evitar um irregular crescimento das plantas e destruição prévia da estrutura.
- Limpeza regular dos resíduos urbanos acumulados.

Tabela 10. Especificações Entrançado Vivo.

Material Utilizado	Estacas de suporte	Pregos	Estacas vivas de Salgueiro (<i>Salix atrocinerea</i> e <i>Salix salviifolia</i>)
Dimensões (m)	1 - 2	6 – 12 cm	(0.04 – 0,09) x 3
Quantidades	2/m	6/m	10/ metro de altura
Tempo de Implementação	15 min./m		
Função no Habitat	I		
Espaço requerido	0, 20 m (90°)		

Enrocamento Vivo

É uma estrutura de defesa longitudinal contra a erosão das margens fluviais, que consiste na colocação de pedras de grandes dimensões (de preferência da região e não fiável) nas margens. Nos interstícios entre pedras são colocadas estacas vivas (espécies autóctones, normalmente salgueiros), em quincôncio e com cerca de 1,0 a 1,5 metros de comprimento.

O período de execução da técnica (colocação das pedras) deve ser preferencialmente entre Setembro e Novembro, sabendo que a introdução de vegetação (estacaria viva) não deve ser fora do período de repouso vegetativo, de Outubro a

Março, e com alguma humidade no solo. Durante a instalação das estacas, se o solo estiver muito seco, devem realizar-se regas frequentes.

Este tipo de técnica é utilizado para proteger as margens de rios/ribeiras com velocidades elevadas de corrente e elevado transporte de sólidos.

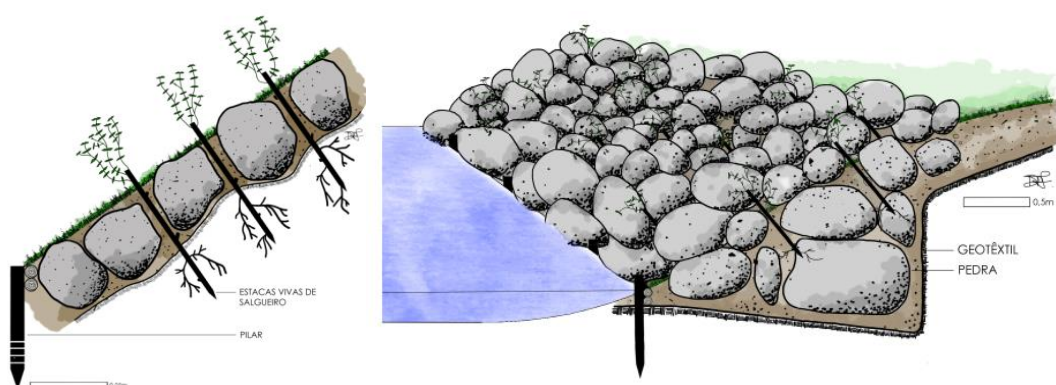


Figura 10. Exemplo do Enrocamento Vivo. (Teiga, 2015)

Período de Execução (cf. Zeh, 2007)

- Todo o ano (colocação de pedras)
- Período de repouso vegetativo (estacaria viva)

Manutenção:

- Controlo periódico por, pelo menos, duas ou três estações vegetativas e substituição de estacas vivas que não tenham enraizado.

Tabela 11. Especificações Enrocamento Vivo

Material Utilizado	Pedra	Estacas vivas de Salgueiro (<i>Salix atrocinerea</i> e <i>Salix salviifolia</i>)	Geotêtil
Dimensões (m)	0,10 – 0,80	1 – 1,5	2,0 x 1,0
Quantidades	1m ²	3/m ²	1m ²
Tempo de Implementação	15 min./m ²		
Função no Habitat	II		

Espaço requerido	2 – 4m (35°)
-------------------------	--------------

Faxinas vivas

Esta técnica de estabilização de margens consiste numa construção hidráulica longitudinal, utilizada na consolidação de bases de margens fluviais. Faz-se através da elaboração de feixes de ramas vivas, com um diâmetro variável (semelhantes às do entrançado) e um comprimento adaptado à aplicação projetada, variando entre 2 e 4 metros.

A base de assentamento na faxina pode ser revestido com ramagens para proteger a base contra a erosão mais acentuada, ao mesmo tempo que promove a sedimentação. Os troncos de madeira aplicados, para segurar as faxinas vivas, não têm desenvolvimento vegetativo.

Esta técnica é utilizada até uma altura máxima de 1.80m e uma inclinação que não deve exceder os 45°. É especialmente eficaz na redução da velocidade de escoamento, por consequência do aumento de rugosidade. Apresenta um impacto visual e ambiental excelente.

A estrutura inerte deverá ser realizada durante o repouso vegetativo (Outubro a Março), sendo necessária a realização de podas periódicas.

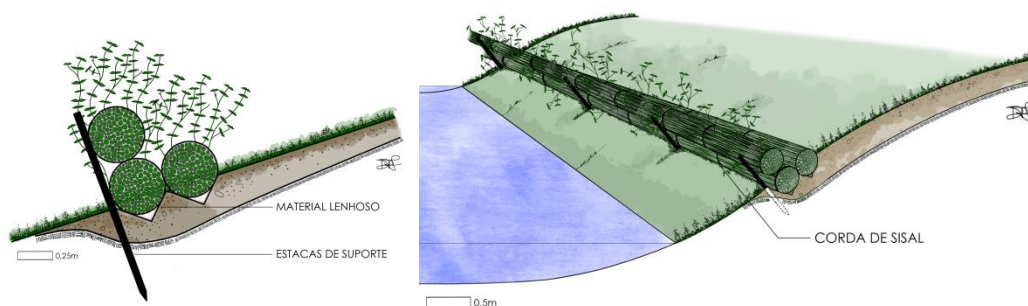


Figura 11. Exemplo de Faxinas Vivas. (Teiga, 2015)

Materiais necessários: Material lenhoso (proveniente das podas e limpezas), Arame e/ou corda de sisal e Estacas.

Período de Execução (cf. Zeh, 2007)

- Período de repouso vegetativo (estacaria viva)

Manutenção:

- Deve-se ter o cuidado relativamente ao enraizamento superficial, pois haverá necessidade de podas regulares, necessidade de elevada quantidade de material vivo e mão-de-obra para a sua execução;
- Verificar o estado dos arames/cavilhas que prendem as fascinas às estacas.

Tabela 12. Especificações Faxinas Vivas

Material Utilizado	Corda de sisal	Estacas de suporte	Material lenhoso (m²)
Dimensões (m)	10 mm	0,50 – 2,0	1 x 0,40
Quantidades	1 Unid.	2/m	0,16m ³
Tempo de Implementação	30 – 60 min./m		
Função no Habitat	III		
Espaço requerido	0,5 m (90°)		

Charco

Embora não tenha uma função de estabilização das margens nem de controlo de erosão, o charco é uma técnica de Engenharia Natural que foi implementada no Rio Uíma. Esta técnica tem como função criar um *habitat* para espécies como a Salamandra e Rã Ibérica, onde se podem proteger, alimentar e reproduzir em ambientes mais favoráveis aos existentes, pois no charco encontram águas paradas com poucos ou nenhuns predadores (Figura 12).

Os principais objetivos da criação de charcos consistem em:

- Criar espaços de *habitat* para anfíbios;
- Promover espaços do ciclo de vida de espécies prioritárias (sobrevivência, alimentação e reprodução);

- Criar zonas húmidas (protegidas por lei);
- Valorizar ao nível estético e paisagístico, criando espelhos de água, que constituem espaços de contemplação;
- Preparar o terreno através de uma marcação no local, contornando a área a escavar com estacas unidas por um cordel ou fazendo uma pequena vala e a escavação.



Figura 12. Charco. (Teiga, 2015)

Plantação de árvores autóctones

Durante o período de obras, e meses seguintes, foram plantadas cerca de 1000 árvores em toda a área do parque, sendo estas de variadas espécies, com o objetivo de estabilização das margens e terras, mas principalmente para criar corredores ecológicos, abrigos e alimentos para a fauna existente.

Os locais onde cada espécie foi colocada foram meticulosamente escolhidos segundo a sua função, luminosidade e proximidade à linha de água. As espécies são todas autóctones e principalmente comuns no espaço 1A1 da Carta Biogeográfica de Portugal. Assim, não introduzimos espécies novas no ecossistema, só promovemos a sua população, aumentando então o alimento disponível para, principalmente, as aves que habitam ou migram no parque.

A plantação de árvores em vaso foi toda realizada em ações de voluntariado com a população local e organizações convidadas. Por isso, para facilitar a atividade, foram previamente escolhidos os locais para cada árvore, onde se colocou uma estaca de madeira com uma certa cor (Figura 13) que correspondia à espécie respetiva nos planos de plantação (Anexo 1).



Figura 13. Estacas de marcação para a plantação.

2.1.4 Atividades de limpeza e corte de material vegetal na reabilitação

A vegetação ripícola tem maior importância na determinação e garantia da funcionalidade da linha de água, seja ela hidrológica, hidráulica ou biológica, influenciando determinadamente a qualidade, o bom estado e o potencial da mesma.

É imperativo, portanto, assegurar uma adequada gestão dessa vegetação, de modo a garantir que ela cumpra adequadamente as diferentes funções, no contexto de conservação e valorização das linhas de água. Importa, pois, controlar a vegetação de forma a maximizar a sua funcionalidade técnica e garantir a perenidade da mesma. Este tipo de intervenção apresenta vários objetivos (Teiga, 2011):

- Assegurar a estabilidade das margens através da manutenção e favorecimento dum coberto vegetal ripícola adequado (sistema radicular fixador do solo e parte arbórea, garantindo uma boa cobertura das margens, e evitando, ao mesmo tempo, a abertura de "feridas" por descalçamento e queda de árvores demasiado grandes, mal enquadradas ou isoladas;
- Evitar formações de zonas de acumulação de detritos flutuantes e de excessiva turbulência por poderem originar ruturas da margem;
- Manter e melhorar as funções ecológicas e estéticas da vegetação.

Apresenta-se, na Figura 14. Exemplo de uma poda, um exemplo de corte "limpo" que assegura um crescimento direcionado da vegetação.



Figura 14. Exemplo de uma poda

Com a limpeza do material lenhoso pretende-se retirar todos os objetos que constituem obstáculos ao normal fluxo da água ou que possam induzir perturbações nos processos característicos das linhas de água e corredores ripícolas. Isso permite um escoamento mais eficaz, evitando, assim, cheias e erosão.

O material lenhoso que sai desta limpeza pode e deve ser utilizado para a construção das técnicas de engenharia natural, reutilizando e poupando custos da obra. O material que não tenha aplicação na obra ou que sobre, pode ser colocado em pilhas

de madeira (não ultrapassando 1 metro de altura), servindo então como abrigo para muitas das espécies locais e reduzindo os custos de transporte da mesma para um aterro.

As atividades de limpeza e corte da vegetação no Parque das Ribeiras no Rio Uíma foram:

1. Corte da vegetação rasteira com roçadoras;
2. Podas;
3. Replantação de árvores no leito do rio nas margens;
4. Corte de árvores caídas ou mortas;
5. Eliminação de invasoras.

Corte da vegetação rasteira com roçadoras

Com o uso mecânico das roçadoras pretende-se eliminar o excesso de vegetação rasteira que esteja a limitar o crescimento de árvores (trepadeiras) e eliminar o risco de ensombramento da vegetação às estacas vivas colocadas, impedindo o seu desenvolvimento e crescimento. Tem também como objetivo criar um aspeto visual mais limpo e agradável aos utilizadores do parque, nas zonas de acessibilidade a este (Figura 15).

Esta prática permite também eliminar algumas invasoras que estejam ainda a se desenvolver, sendo uma prática pouco eficaz no combate a estas, pois normalmente não destrói a raiz e a invasora volta a crescer.



Figura 15. Operador efetuando limpeza com uma roçadora.

Podas

As podas são utilizadas para eliminar o excesso de ramagem numa planta, permitindo que esta cresça da forma mais vertical possível, permitindo às outras plantas terem luz solar para se desenvolverem também. Esta é uma arte que requer muito conhecimento, pois as podas variam de árvore para árvore e os cortes têm que ser limpos e com um ângulo maior que 45° , para escoar a água da chuva.

No entanto, a poda pode ser utilizada para redirecionar as árvores para criar sombra e eliminar a ramagem que esteja em contacto com as linhas de água, que constituem um obstáculo ao seu fluxo normal (Figura 16).

O material destas podas pode e deve ser utilizado para fazer as estacas vivas, utilizadas nas técnicas de Engenharia Natural, caso as árvores sejam espécies com capacidade de propagação vegetativa.

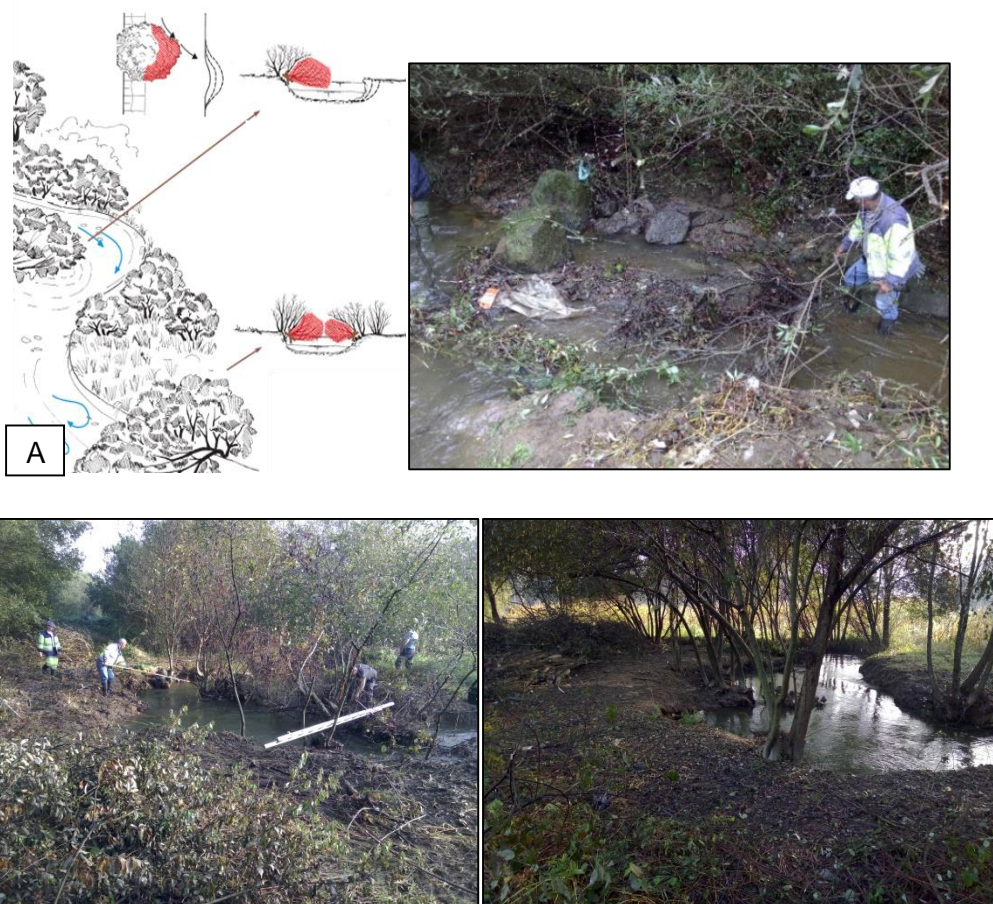


Figura 16. Corte de ramagem em linha de água. (Figura A: adaptado de Teiga, 2011)

Replantação de árvores no leito do rio nas margens

As árvores que se encontram no leito de um rio são um grande obstáculo ao fluxo de água. Elas constituem-se em barreiras naturais, criando enorme resistência à água, fazendo com que esta crie erosão nas margens e aumente a probabilidade de cheias naquele local. Assim, a sua remoção é muito importante e crucial para um bom fluxo de uma linha de água.

Se possível, a replantação da árvore retirada do leito, deve ser feita na margem da linha de água, aumentando então a consistência e resistência da margem à erosão uma vez que as raízes da árvore plantada seguram o solo à sua volta (Figura 17).



Figura 17. Replantação de árvores nas margens do Uíma.

Corte de árvores caídas ou mortas

As árvores que se encontram caídas ou mortas devem ser cortadas em pedaços mais pequenos, fáceis de transportar. Caso contrário, estes vão constituir um enorme obstáculo para o fluxo da água, pois tendo uma árvore vários ramos, folhas e um tronco, ela cria grande resistência à água redirecionando-a muitas vezes contra a margem, criando turbulência na mesma.

No caso das árvores mortas, o material lenhoso não tem qualquer utilidade para ser usado em técnicas de Eng^a Natural, pois este é muito quebradiço e não dá para fazer estacas vivas. Já no caso das árvores caídas, muitas delas ainda se encontram vivas e o seu material lenhoso deve ser aproveitado.

Eliminação de invasoras.

Por plantas invasoras ou infestantes, entendem-se aquelas plantas cuja natureza ou intensidade de desenvolvimento originam a perturbação dos diferentes ecossistemas associados à linha de água, prejudiquem a sua dinâmica natural e, no caso de ecossistemas ribeirinhos, afetam as condições de escoamento fluvial.

A presença destas plantas são um problema sério para a vegetação autóctone, e devem ser de especial atenção na reabilitação de qualquer espaço, seja ribeirinho ou não. No caso de espaços ribeirinhos, a substituição de árvores autóctones como: Amieiro (*Alnus glutinosa*), Borracheira-preta (*Salix atrocinerea*), Borracheira-branca (*Salix salvifolia*), Freixo (*Fraxinus angustifolia*), Sabugueiro (*Sambucus Nigra*), Sanguinho (*Frangula alnus*) e Medronheiro (*Arbutus unedo L.*), por infestantes como: silvas, Plumas ou erva das pampas (*Cortaderia selloana*) e a Erva-da-fortuna (*Tradescantia fluminensis Velloso*), vai afetar a consistência das margens aos efeitos da erosão e, devido ao seu grande volume, cria um obstáculo à água.

Deve-se então proceder à sua remoção e substituição por vegetação autóctone. Sendo uma das características da invasora ser altamente reprodutiva e de desenvolvimento rápido, a sua remoção é de grande dificuldade, levando mesmo meses para a sua total remoção. Temos então várias maneiras de remoção:

- **Controlo Físico**

Arranque mecânico

Consiste em submeter invasoras a uma série de cortes sucessivos da parte aérea. Deve ser feito um corte de forma a evitar a multiplicação vegetativa, bem como, promover o enfraquecimento dos novos rebentos. Os cortes deverão ser efetuados com uma roçadora.

Arranque Manual

Metodologia preferencial para plântulas e plantas jovens presentes em solos arenosos. Em situações de substratos bem compactados, o arranque deverá ser realizado na época das chuvas de forma facilitando assim a remoção do sistema radicular. Garantir que não ficam raízes de maiores dimensões no solo e/ou rizomas arrancados em contacto com o solo, de forma a evitar que estes recuperem facilmente. O arranque da planta deve ser realizado com equipamento de proteção individual.

Corte de posterior remoção da parte radicular

Aplica-se a plantas de maiores dimensões, sempre que não for possível o arranque. O corte pode ser realizado com motosserra ou moto-roçadora e a remoção da parte radicular pode ser feita com recurso a equipamento manual e/ou mecânico. O corte da planta deve ser realizado com equipamento de proteção individual.

Corte das panículas

Deve ser realizado antes da dispersão das sementes. Deve garantir-se que não fica qualquer panícula por cortar. As panículas cortadas devem ser retiradas do local e colocadas em sacos duplos para serem posteriormente destruídas ou aguardar a sua degradação.

- **Controlo Físico + químico**

Corte combinado com aplicação de herbicida

Corte dos caules tão rente ao solo quanto possível e aplicação de herbicida (princípio ativo: glifosato) nos novos rebentos. Este processo deve ser repetido de 2 em 2 semanas, até as raízes secarem por completo e não voltarem a se desenvolver.

- **Controlo Químico**

Aplicação foliar de herbicida

Aplica-se nas plantas jovens, pulverizando com herbicida (princípio ativo: glifosato) limitando a aplicação à espécie-alvo. Este processo deve ser repetido de 2 em 2 meses, até as raízes secarem por completo e não voltarem a se desenvolver.

2.1.5 Resultados

No caso de estudo do Rio Uíma vamos fazer uma análise SWOT, somente sobre os primeiros meses, para cada uma das técnicas realizadas onde vão ser referidas as ameaças, oportunidades, pontos fracos e pontos fortes. Vamos também referir algumas

críticas sobre o projeto que podem ser melhoradas ou implementadas em projetos futuros de reabilitação fluvial.

Das técnicas implementadas é importante referir que nem todas estão em zonas de grande erosão. Nomeadamente o Manto de Fibra de Coco, Muro Vivo e os Gabiões Vivos, encontram-se num afluente do Rio Uíma (Rego da Santa) onde não se regista erosão significativa nas margens. No entanto, foram colocadas de forma ilustrativa para educação ambiental e suporte para a estacaria.

Em vários pontos do Rio Uíma, nos locais onde foi verificada erosão significativa e constituísse uma ameaça para o passadiço, foram construídos Entrançados Vivos, Faxinas Vivas, Estacaria e Enrocamento Vivo, escolhendo as técnicas segundo os critérios de velocidade da água e altura das margens.

Apresentamos, agora, os resultados de cada uma das técnicas de estabilização de margens e controlo de erosão:

Estacaria Viva

Esta é a técnica mais importante neste projeto e na maioria dos projetos de reabilitação ribeirinha ou fluvial. Assim, tivemos especial atenção ao seu crescimento e às taxas de sucesso das estacas, por espécie. Foram monitorizadas três espécies de estacas das árvores Salgueiro (*Salix atrocinerea* ou *Salix salviifolia*), Sabugueiro (*Sambucus nigra*) e Amieiro (*Alnus glutinosa*). Foram também monitorizados Amieiros, que cresceram espontaneamente para termos ponto de comparação.

Nos meses de Outubro, Novembro e Dezembro, foram colocadas as estacas na área total do projeto. Verificamos que até ao dia 27/10/2014 todas as estacas colocadas começaram a rebentar e as estacas colocadas depois dessa data só viriam a rebentar em Março de 2015. Assim as estacas foram etiquetadas no dia 5/03/2015 e monitorizadas semanalmente, até junho de 2015 (Figura 18).

A colocação das estacas deve ser feita de modo a serem facilmente detetadas, caso sejam efetuadas ações de limpeza com roçadoras ou outro tipo de maquinaria que possa destruir as mesmas, pois estas no meio da vegetação são muito difíceis de encontrar e muitas das vezes acabam por ser cortadas. Uma outra técnica de proteção é através da colocação de estacas de paus secos, com maior tamanho, junto às estacas para as sinalizar.



Figura 18. Estaca de Salgueiro etiquetada.

No dia da etiquetagem o número de estacas de Sabugueiros foi consideravelmente superior ao número das outras espécies, uma vez que todas as estacas de Sabugueiro (SB) estavam a rebentar; das de Salgueiro (SL), muito poucas tinham rebentado; e Amieiro (A), nenhuma tinha rebentado. O que nos dá informação de que a espécie Sabugueiro é a primeira espécie a rebentar na primavera.

Os valores de crescimento das estacas de Sabugueiro estão representados na Tabela 13, onde cada uma das linhas representa uma estaca. Todas as estacas desta espécie tinham sensivelmente o mesmo diâmetro, uma vez que a árvore não varia muito em grossura.

Na Tabela 14, podemos observar o crescimento das estacas de Salgueiro. Estas estão divididas em estacas com > 5 cm de diâmetro (x.1) e < 5 cm de diâmetro (x.3). Em espaço de 99 dias foram medidos crescimentos na ordem dos metros em algumas estacas.

As linhas incompletas representam estacas que por algum motivo deixaram de ter condições para crescer ou desapareceram. Podendo ainda se encontrar no local mas escondidas pela vegetação densa que se foi formando. Outras acabaram por serem partidas nas ações de limpeza realizadas no mês de Junho.

Tabela 13. Crescimento das estacas de Sabugueiro.

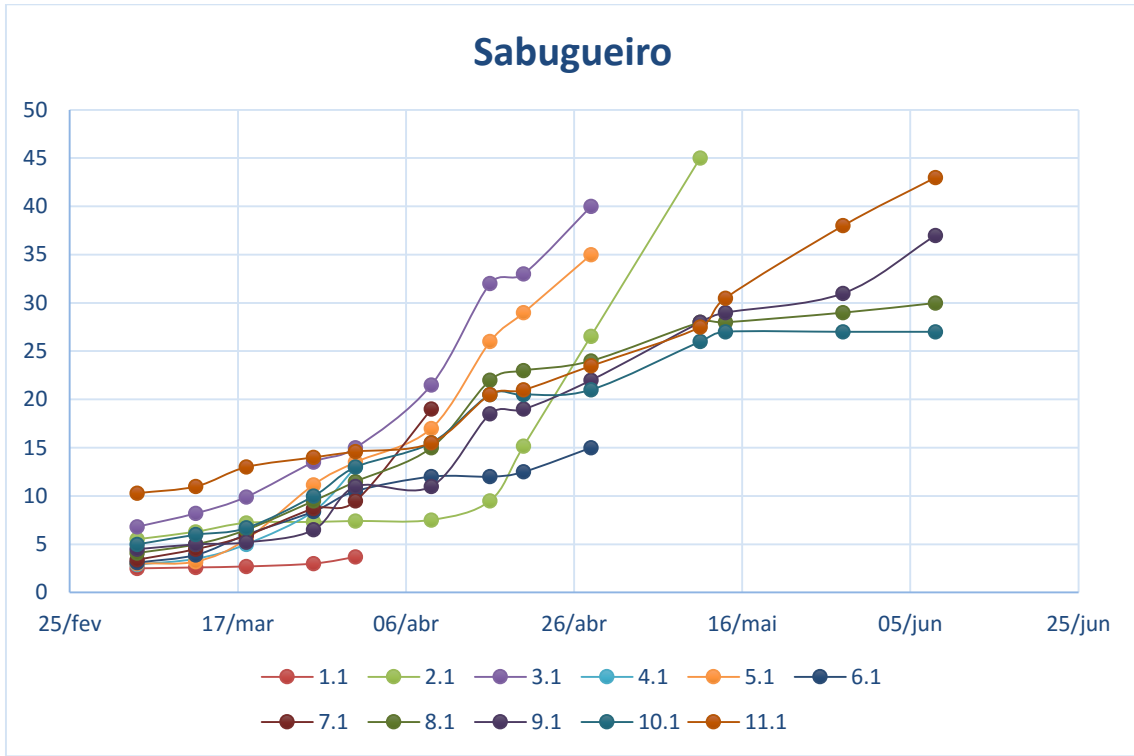
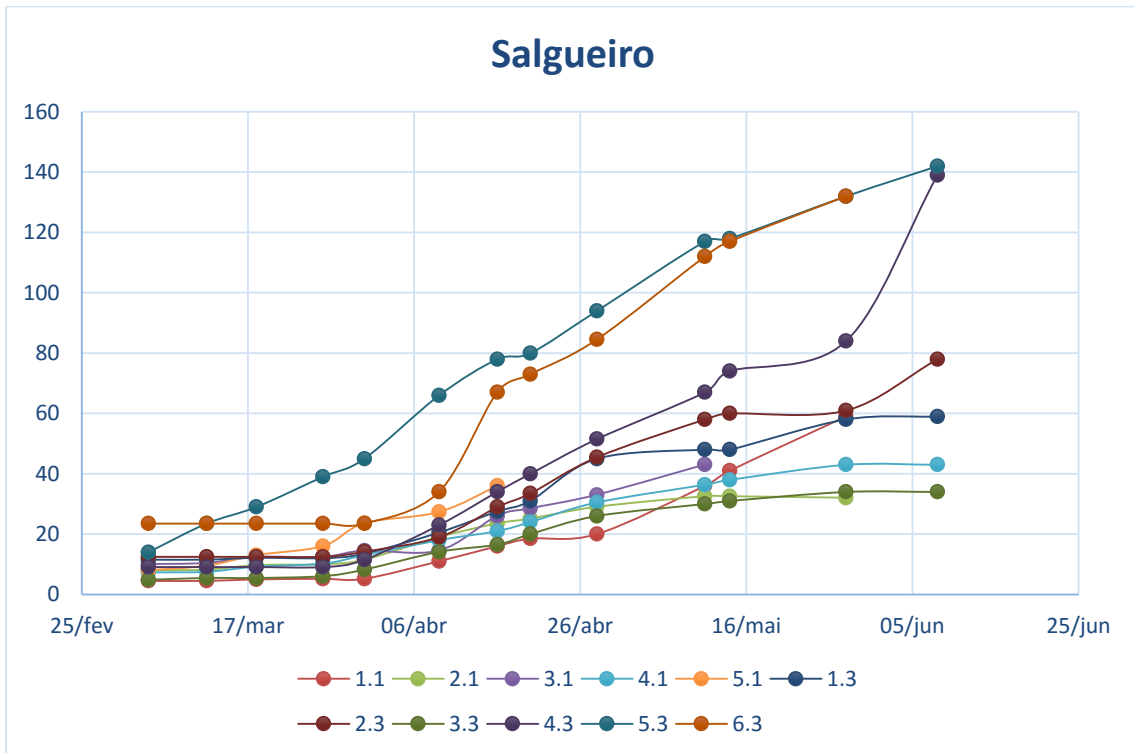


Tabela 14- Crescimento das estacas de Salgueiro.



Foi realizada uma análise estatística com os resultados medidos em campo (Anexo 3), onde foi calculado o declive (a), a coordenada na origem (b) e o coeficiente de correção Tabela 15. Nos Sabugueiros (SB), o crescimento diário varia ente 0.30 cm e 0.43 cm, obtendo ainda valores extremos como do 1.1 e 3.1, pois a 1.1 encontrava-se numa margem muito alta e distante da água e a 3.1 encontrava-se na zona do charco com água abundante. Quanto ao Salgueiro (SL) o crescimento é muito semelhante entre as estacas, menos na estaca com >5cm de diâmetro 3.3 na qual não há explicação para a diferença de crescimento diário mais baixo que as outras do mesmo diâmetro.

Tabela 15. Análise estatística do crescimento das estacas.

Declive (a)	Intercetar (B)	Coeficiente de correção	SB
0,035275081	2,370873786	0,904478669	1.1
0,439639467	-1,165777922	0,799783177	2.1
0,581291706	2,679313632	0,959429873	3.1
0,319579288	1,76631068	0,94921063	4.1
0,566255277	-0,93404603	0,973664896	5.1
0,202795179	3,22787689	0,986053903	6.1
0,348342441	1,878160291	0,912472901	7.1
0,305600816	4,018423876	0,967063581	8.1
0,354484097	1,154580138	0,982915631	9.1
0,263374796	5,167317093	0,968709372	10.1
0,324695783	6,735579223	0,96906058	11.1
			SL
0,580231712	-5,399673973	0,91623247	1.1
0,349809333	5,478793701	0,960867777	2.1
0,457587264	4,957791734	0,92526975	3.1
0,430059346	3,312645551	0,981106157	4.1
0,589170813	5,590381426	0,970251321	5.1
0,578759157	3,872654294	0,963299112	1.3
0,718061572	1,335619759	0,957057945	2.3
0,3649386	1,264372293	0,970518769	3.3
1,181698658	-11,43224576	0,934132337	4.3
1,384410311	11,29644716	0,994363488	5.3
1,417954764	2,217055279	0,946654929	6.3

	Pontos Fracos
<ul style="list-style-type: none"> • Baixo custo • Facilidade de recolha de material, desde que disponível na vizinhança; • Fácil execução; • Ação muito eficaz após o desenvolvimento das estacas vivas (6 meses – 2 anos); • Favorece a evolução dos ecossistemas; • O efeito estabilizante desta técnica em profundidade, aumenta consoante o comprimento da estaca. 	<ul style="list-style-type: none"> • A estabilidade dos taludes e a consolidação superficial estão limitadas até ao desenvolvimento de um adequado sistema radicular; • Enraizamento das estacas nem sempre é assegurado.
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> • É uma técnica que pode ser implementada em todos os projetos de reabilitação ambiental, pois não constitui nenhum custo adicional; • Qualquer proprietário de terrenos em zonas ribeirinhas pode estacar árvores sem custos nenhuns e pouca mão-de-obra. 	<ul style="list-style-type: none"> • Muito vulneráveis a vandalização. • Muito difíceis de encontrar após implementação. • Espécies exóticas podem matar por ensombramento ou competição por nutrientes na raiz.

Muro vivo tipo “Cribwall”

Foram aplicados cerca de 15 metros de Muro Vivo onde 10m tinham geotêxtil na base, e 5m não o tinham. Apesar de não ser uma zona de grande erosão, este sofreu uma enorme erosão nos primeiros dias após a aplicação, obrigando a uma manutenção para repor a terra no seu interior e repor estacas perdidas. Isto sucedeu-se porque, alguns dias após a construção, decorreram inúmeras cheias, tendo o caudal subido significativamente e tapado por completo a técnica utilizada.



Figura 19 Muro Vivo submerso e erodido.

Foi decidido então esperar que a época de cheias passasse, e no dia 15/03/2015 foi reposta a terra que estava em falta. Apesar das constantes cheias, o Muro Vivo manteve cerca de 75% do seu enchimento de terra, valores que não são maus, visto que ainda nenhuma das estacas se encontrava com sistema radicular desenvolvido, nem a terra tinha consistência suficiente para aguentar uma cheia.

O período de construção desta técnica não foi o mais favorável, pois não ocorreu na época do ano desejada, mas sim quando foi possível realizar a obra por parte da Câmara de Santa Maria da Feira. O material escolhido não foi também o mais desejável (por falha de comunicação com o fornecedor), uma vez que os troncos transversais tinham um diâmetro muito superior aos longitudinais, o que permitiu a água em cheia se infiltrar pelo meio dos troncos e erodir o enchimento de terra. Caso os troncos transversais fossem mais pequenos em diâmetros, a janela entre os troncos era muito menor e mais resistente. Pode-se ver na Figura 6 que os longitudinais tem um diâmetro superior, ao contrário do que aconteceu no Rio Uíma (Figura 20).



Figura 20. Muro Vivo em construção no Rio Uíma.

Pontos Fortes	Pontos Fracos
<ul style="list-style-type: none"> • Consolidação imediata e robusta • A vegetação implementada desenvolve uma ação drenante, pois absorve a água necessária ao seu desenvolvimento; • Custos de manutenção contidos; • Flexibilidade estrutural. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limitado desenvolvimento em altura da obra; • Necessidade de utilizar meios mecânicos para executar as escavações; • Frágil erosão nos primeiros dias após construção.
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> • Funciona a cima e abaixo do nível de água; • Grande formação de vegetação; • Não há perda do tamanho do terreno nem de margem; • Qualquer pessoa pode construir na sua propriedade um, sem grandes complicações. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cheias; • Destruição da estrutura antes das estacas criarem um sistema radicular; • Invasoras.

Gabiões vivos

Os Gabiões Vivos, devido à sua natureza mais resistente, pois não contêm terra que possa ser erodida e todos os materiais usados não são degradáveis (excluindo as estacas), não apresentaram nenhuma falha estrutural ao longo do tempo. As únicas falhas possíveis eram nas estacas colocadas no seu interior e na sua base. Demonstra, assim, que a época da sua construção não influencia o seu desenvolvimento e que aguenta grandes velocidades de água e grandes caudais nas épocas de maior precipitação.



Figura 21. Gabiões Vivos no Rio Uíma.

Pontos Fortes	Pontos Fracos
<ul style="list-style-type: none"> • Execução rápida e simples; • Efeito de contenção imediato; • Pode utilizar materiais locais; • Flexíveis e permeáveis; • Permite a sistematização de margens muito íngremes ou em zonas com limitado espaço de intervenção; • Aumento da estabilidade da estrutura com o desenvolvimento radicular dos salgueiros. 	<ul style="list-style-type: none"> • A utilização de material pedregoso não característico do local aumenta os custos; • Técnica de difícil aplicabilidade em zonas pouco acessíveis à maquinaria necessária para a sua execução; • Em linhas de água de regime torrencial, estão sujeitas a escavação na base; • Artificialidade da estrutura; • Requer uma base forte.
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> • Muito útil para segurar margens sem perder espaço; • Podem ser implementadas em locais de difícil acesso, pois não precisam de manutenção. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não são ideais em linhas de água onde se forma gelo; • Em caso de vandalismo na grelha o gabião desfaz-se todo.

Cobertura com manta de fibra de coco

Esta técnica simples e de fácil aplicação foi aplicada em cerca de 30 metros de margem, em que 10 metros tinham estacas (2m) transversais e longitudinais (criando uma grelha 1mx1m); 10m com estacas longitudinais; e 10m com estacas transversais. Fez-se assim para registar se esta técnica necessitava de ambas as estacas, simultaneamente, ou se podíamos reduzir os custos, e utilizar apenas um tipo de estacas.

Logo na aplicação deparamo-nos com a fragilidade da manta, o que requereu um especial cuidado por parte dos trabalhadores ao estender, estacar e mesmo ao andar por cima da mesma.



Figura 22. Manta de Fibra de Coco no Rio Uíma.

Após o Inverno e dias de grande precipitação, que submergiu por completo a manta de fibra de coco, fomos verificar o estado estrutural da manta. Verificamos então que tanto a manta com estacas transversais e longitudinais, como as só longitudinais, foram as que mais se aguentaram, tendo perdido pouco ou nenhuma parte da manta de fibra de coco. Ao contrário, a unicamente transversal perdeu quase toda a manta, expondo o solo por baixo (Figura 23) e assim perdendo a sua utilidade como suporte de sementes e plantas e proteção do solo nu.



Figura 23. Manta de Fibra de Coco no Rio Uíma na primavera.

Em toda a manta foi registada um aparecimento de vegetação superior ao restante da margem, especialmente onde tem ambas as estacas e as transversais, pois a manta retém as sementes transportadas pela água e mantém o solo mais húmido, por um período maior de tempo, pois a manta serve como uma esponja, estando muitas vezes húmida sem ter chovido no dia.

É esta vegetação e o desenvolvimento das estacas que vão substituir a técnica como suporte de margem e proteção contra a erosão. Consequentemente, a perda da

manta é significativa caso não se desenvolva a vegetação. Uma vez a vegetação ter um sistema radicular desenvolvido, a manta já não tem função de suporte da margem e não é necessária.

Pontos Fortes	Pontos Fracos
<ul style="list-style-type: none">• Execução simples e rápida;• Ação protetora imediata;• Ação filtrante muito eficaz;• Elasticidade e permeabilidade.	<ul style="list-style-type: none">• Durabilidade limitada no tempo;• Muito frágil na aplicação e em cheias.
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none">• Técnica com uma estética agradável ao olho;• Local de grande deposição de sedimentos;• Tem custos baixos e a sua aplicação é rápida o que facilmente cobre grandes áreas.	<ul style="list-style-type: none">• Cheias;• Destruição por pisoteio de animais ou humanos;• Cursos de água com muita velocidade;• Objetos transportados pela corrente.

Entrançado Vivo

Esta foi uma das técnicas mais utilizadas no Rio Uíma, em locais de grande erosão. Em toda a extensão do parque encontram-se construídos cerca de 11 entrançados vivos, sendo que alguns são acompanhados de faxinas para preenchimento da margem.

Esta é uma técnica que tem função protetora imediata, o que faz dela uma das mais utilizadas para combater erosão em margens. Esta técnica não tem necessariamente que depender do desenvolvimento das estacas. Após a sua construção, pretende-se criar uma barreira ao fluxo de água, evitando que esta embata na margem com elevada velocidade, de forma a permitir que sejam depositados sedimentos para recuperar as áreas erodidas.



Figura 24. Entrançado no Rio Uíma.

Na Figura 24, pode-se observar à esquerda, na margem, esta a ocorrer uma elevada quantidade de sedimentação.

Pontos Fortes	Pontos Fracos
<ul style="list-style-type: none"> • Execução simples; • Ação protetora imediata; • Uso de materiais inertes; • Permite sedimentação rápida. 	<ul style="list-style-type: none"> • Durabilidade limitada no tempo; • Demora a juntar e preparar os ramos.
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> • Técnica com uma estética agradável ao olho; • Local de grande deposição de sementes; • Não permite a deposição de resíduos na margem; • Grande parte do entrançado irá originar árvores; • Tem custos baixos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Objetos de grande dimensão transportados pela corrente; • Cursos de água com muita velocidade.

Enrocamento Vivo

Esta é mais uma das técnicas que usa materiais não inertes, para além dos Gabiões Vivos. A diferença é que nesta intervenção temos as rochas espalhadas pelo solo, de forma a cobri-lo, e deve ser exclusivamente aplicado em margens com pouco declive, para não haver uma derrocada das rochas.

No Rio Uíma foram construídos 3 Enrocamentos Vivos, dos quais um que está situado na zona do triângulo, na proximidade de outras técnicas e não tem propriamente função de proteção da margem contra erosão. Mas os restantes Enrocamentos construídos foram colocados numa curva do rio onde se verificava que este passava por cima da margem e estava a erodir fortemente toda essa curva, Assim, foi construído o Enrocamento criando uma rampa de subida e de descida, para que a água não exercesse pressão no solo e na margem, permitindo na mesma que pudesse inundar a margem (Figura 25).



Figura 25. Enrocamento Rio Uíma.

Pontos Fortes	Pontos Fracos
<ul style="list-style-type: none"> • Execução simples e duradoura; • Ação protetora imediata; • Trabalho pode ser realizado por um homem com uma máquina. 	<ul style="list-style-type: none"> • Material muito pesado; • Difícil transporte no terreno.
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> • Tem custos baixos; • Pode ser aplicado em grandes áreas; • Não permite o desenvolvimento de muita vegetação rasteira que irá afetar as estacas; • Pode servir como “calçada” para as pessoas terem acesso ao Rio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Margens com muito declive; • O tamanho das rochas ser demasiado pequeno e irem com a corrente; • Cursos de água com muita velocidade.

Faxinas Vivas

As Faxinas Vivas foram das técnicas mais utilizadas, pois eram aplicadas algumas vezes em conjunto com Entrançado Vivo, mas foram-no, principalmente, porque eram ideais para os pontos de erosão em margens com declives na ordem dos 90° de inclinação.



Figura 26. Faxinas Vivas no Rio Uíma.

Este tipo de intervenção necessita de muito material lenhoso para fazer os rolos, que irão ser colocados por detrás de estacas simples ou dos entrançados, para preencher áreas de erosão. No entanto, esta técnica se for feita depois das atividades de limpeza de vegetação e poda, o material vegetal pode ser reaproveitado para a construção das Faxinas Vivas, poupando assim custos e tempo.

Das estacas verticais esperava-se que começassem a rebentar todas, tendo algumas rebentado no início da primavera; verificou-se que todas rebentaram nas primeiras semanas de Abril.

Pontos Fortes	Pontos Fracos
<ul style="list-style-type: none"> • Execução simples; • Ação protetora imediata; • Uso de materiais inertes; • Permite sedimentação rápida. 	<ul style="list-style-type: none"> • Durabilidade limitada no tempo; • Depois de feitas, as fascinas são muito pesadas e dificulta o seu transporte; • Demora a juntar e preparar os ramos.
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> • Técnica que se pode ocultar muito facilmente; 	<ul style="list-style-type: none"> • Objetos de grande dimensão transportados pela corrente;

<ul style="list-style-type: none">• Local de grande deposição de sementes;• Não permite a deposição de resíduos na margem;• Grande parte das Faxinas irão originar árvores;• Tem custos baixos;• Pode ser implementada em margens com inclinações até 90°.• Reaproveita o material lenhoso das atividades de limpeza.	<ul style="list-style-type: none">• Cursos de água com muita velocidade;• A corda ou arame que segura os rolos arrebentar.
--	---

2.2 Caso do estudo da Ribeira da Granja

2.2.1 Enquadramento

A Ribeira da Granja encontra-se no lugar do Viso, na freguesia de Ramalde (Porto), nasce no parque da Arca D'Água e vai desaguar no Rio Douro. É uma ribeira completamente inserida num meio urbano com grande densidade populacional, numa espaço muito infra-estruturado, daí ser alvo de muitas descargas pluviais e resíduos sólidos, por parte da população circundante.

O projeto de reabilitação das margens resultou de um acordo de parceria e colaboração técnica e financeira entre a Administração da Região Hidrográfica do Norte I.P., Município do Porto e Empresa de Águas do Porto E.M.

O objetivo do projeto foi requalificar a ribeira com técnicas de estabilização de margens e promover o desenvolvimento da galeria ripícola e da fauna associada. Tendo sido requalificados 9.624m² do troço de 339 m de comprimento.

Este projeto já se encontra concluído e em fase de monitorização. Neste caso tivemos como objetivo observar as técnicas de Eng^a Natural já implementadas e a funcionar, bem como avaliar a sua eficácia e evolução ao longo do tempo.



Figura 27. Percurso canalizado e percurso a céu aberto da Ribeira da Granja.

Azul- Desentubado; Vermelho- Entubado.

Na Figura 27², pode-se observar que grande parte da Ribeira da Granja encontra-se canalizada, tendo poucos espaços a céu aberto. Os espaços intervencionados foram nomeadamente: 5 - Ao lado da Rua João Coutinho. Ribeira artificializada; 6 - Ao lado da Rua João Coutinho. Ribeira ainda natural; 7 - Ribeira entubada. Em segundo plano, urbanização "Ribeira da Granja"; 12 - Belos campos junto à Circunvalação e 13 - Campos alagados junto à Circunvalação.

2.2.2 Metodologia

A obra da Ribeira da Granja foi iniciada em 2011 e terminada em 2013, por isso não foi possível acompanhar essa reabilitação. No entanto, foi uma oportunidade de avaliar a evolução das técnicas de Engenharia Natural e das plantações realizadas em reabilitação fluvial.

O apoio dos documentos das obras e da caracterização da Ribeira foram essenciais para entender a necessidade de reabilitação e para perceber a escolha das técnicas para determinados locais. Sendo Pedro Teiga um dos projetistas, pudemos aceder a material bibliográfico disponibilizado por este projetista, e colocar-lhe várias questões que foram surgindo ao longo da avaliação.

Depois desta longa pesquisa bibliográfica, visitamos o local onde foi feita a recolha do registo fotográfico e avaliação da evolução e comportamento das técnicas de Engenharia Natural e da flora existente. Assim, usando uma comparação temporal entre os dados e registos fotográficos, foi possível avaliar o sucesso do projeto e as mais-valias que advieram para a comunidade envolvente.

Foi realizada também uma avaliação do IRR para entender a evolução do projeto, passados 3 anos após a sua conclusão, e verificar se os objetivos estão a ser cumpridos.

² <http://urbanismo.no.sapo.pt/granja/mapa.htm>

2.2.3 Técnicas de estabilização de margens e controlo de erosão

A construção das técnicas de Engenharia Natural, na Ribeira da Granja, foram divididas em 3 fases de construção, e em todas elas foi feito o desentubamento da ribeira. Tendo sido a primeira aplicação das técnicas entre os pontos 5 e 6 (começando junto à linha do metro e terminando na ponte onde passa a estrada); a segunda entre os pontos 12 e 13; e a terceira no percurso azul do ponto 7 (Figura 27).

1ª Fase - No troço da Ribeira da Granja onde ocorreu a primeira fase foram realizadas as seguintes técnicas de Engenharia Natural:



Figura 28. Plano de Obra da Ribeira da Granja na primeira fase.

Colchão Reno

A Primeira fase (junto à linha de metro), começa com uma grande extensão de colchão de Reno, com cerca de 50 metros de comprimento, nas duas margens (Figura 29). Esta é uma técnica ainda não referida na dissertação, que consiste basicamente num enrocamento com uma rede hexagonal por cima, para aumentar a resistência. Esta obra juntamente com os gabiões que se encontram por cima desta, foram construídas pelo Metro do Porto e não pelas Águas do Porto



Figura 29- Colchão Reno.

Esta técnica tem uma elevada resistência à força da água e pode ser implementada em margens com grandes inclinações, como é o caso na Ribeira da Granja, que tem cerca de 45° de inclinação neste local. A técnica foi escolhida para este específico lugar, pois é uma reta onde a corrente é elevada o suficiente para transportar as pedras do enrocamento normal e destruir as estruturas das outras técnicas. Ocorreu um grande aparecimento de plantas rasteiras e houve um bom desenvolvimento das árvores plantadas durante a 1ª fase. De referir ainda que esta técnica não constitui um grande obstáculo aos resíduos que vêm na corrente, mantendo-se sempre minimamente livre de resíduos; logo requer muito pouca manutenção.

Para avaliar o estado geral desta técnica, deve-se estar atento a:

- Integridade da grelha hexagonal;
- Tipo de plantas a nascer;
- Possível separação das pedras que podem criar erosão.

Enrocamento Vivo

Esta técnica foi utilizada a jusante da ponte, onde acaba a 1ª fase da intervenção, pois é uma zona onde a água sai com muita velocidade da ponte que está a direcionar a corrente para a margem. Para impedir que esta crie erosão nas margens, foi colocado um enrocamento vivo, protegendo e diminuindo a força da água quando bate na margem esquerda e direita (Figura 30).



Figura 30- Enrocamento vivo.

O enrocamento nestes dois locais demonstrou ser capaz de aguentar a força das águas, tendo travado a erosão e aumentado a deposição de sedimentos na margem direita. No entanto, não houve grande aparecimento de árvores nestes locais, apesar de ter sido feita estacaria.

Um outro enrocamento a jusante não resistiu tanto à força da água, acabando por perder metade do seu comprimento. Isto deve-se a uma maior inclinação da encosta, o que levou a que as rochas rolassem para o leito do rio (Figura 31). Isto demonstra que a inclinação das margens é um fator muito importante no que toca a resistência da técnica implementada.

Para avaliar o estado geral desta técnica, deve-se estar atento a:

- Possíveis derrocadas, devido a infiltrações de água ou excesso de peso;
- Verificar se há erosão na frente do enrocamento;
- Inspeccionar depois de grandes cheias.



Figura 31- Enrocamento Vivo danificado.

Gabiões

Foram colocados cerca de 5 metros de gabiões na margem direita, para proteger a margem do fluxo de água, que devido à curvatura da Ribeira, é direcionada contra a margem. No entanto não podia ser feito um enrocamento, porque, como a margem não tem muita altura, a água em cheias ia passar por cima da margem. Esta é uma técnica com grande resistência e não sofreu qualquer tipo de dano, estando em perfeitas condições (Figura 32).

Sendo uma técnica linear ao longo da margem, não desvia o fluxo de água para a margem oposta, não sendo registado nenhum caso de erosão em ambas as margens neste local. É possível observar duas árvores (uma em cada ponta) junto aos gabiões, não tendo nenhuma nascido diretamente da estrutura. Assim, não tendo nenhuma estacada ou plantada durante a construção, significa que não podem ser classificados como Gabiões Vivos.

Para avaliar o estado geral desta técnica, deve-se:

- Verificar se há erosão na base e no lado onde a água incide;
- Verificar se a grelha hexagonal está em bom estado;
- Eliminar plantas exóticas que podem surgir.



Figura 32- Gabiões.

Entrançado

Podemos encontrar em vários locais da Ribeira da Granja a técnica de entrançado (Figura 33). Embora não tenha sido realizada com plantas dotadas de reprodução vegetativa, ainda se encontram (a maioria) no local, tendo em geral aumentado a sedimentação nas margens e protegendo estas da erosão hídrica.

Esta é uma das técnicas mais fáceis de realizar, que requer menos material e mão-de-obra, mas pode-se verificar neste local que tem bons resultados, tanto em sedimentação, como em proteção e função ecossistémica, sendo sempre o entrançado

vivo uma opção mais viável, pois irá dar sucessão a árvores e os ramos não são tão quebradiços como os ramos secos.

Para avaliar o estado geral desta técnica, deve-se:

- Verificar resíduos que ficam presos;
- Ramos que secam e partem;
- Erosão que possa haver nas margens;
- Estacas soltas;
- Sucesso de crescimento das estacas vivas.



Figura 33- Entrançado.

Muro vivo

Ainda na primeira fase de construção, foram realizados dois muros vivos, um a jusante e outro a montante da ponte de pedestres. Esta é uma técnica totalmente natural (materiais de construção e preenchimento), o que dificulta visualizar a sua estrutura quando esta já se encontra desenvolvida.



Figura 34- Muros Vivos.

Na Figura 34, na fotografia da direita, embora não esteja visível, encontra-se um muro vivo totalmente desenvolvido. O objetivo desta técnica é criar condições de suporte à vegetação para se desenvolver. Uma vez que esta esteja desenvolvida, não é mais

necessária a técnica, pois a vegetação irá suportar a margem. Portanto, o facto de não se poder observar o muro vivo é o resultado que se esperava.

Já na imagem da esquerda, onde é visível o muro vivo, verifica-se que embora esteja a proteger a margem de erosão hídrica, não tem dado origem a uma nova sucessão ecológica. Caso não nasça nenhuma árvore ou vegetação com raízes mais profundas, quando a madeira se degradar, a margem não terá suporte e irá possivelmente desabar para o leito da ribeira. Durante a manutenção deveria ser estacado ou realizar a plantação de algumas árvores.

Para avaliar o estado geral desta técnica, deve-se:

- Verificar se tem a quantidade necessária de enchimento (terra);
- Verificar o sucesso das estacas;
- Estado dos troncos de madeira;
- Eliminar plantas exóticas.

2º Fase – As obras da segunda fase foram realizadas no troço direito, tendo como limite a ponte onde passa a estrada, até uma figueira no troço da direita, onde começava o canal entubado do Ribeiro.

A segunda fase deste projeto consistiu principalmente no desentubamento do Ribeiro do Regado, que vem de Matosinhos, e a Ribeira da Granja, onde foi construído na sua união uma bacia de retenção e um charco.

Bacia de Retenção

Ambas as ribeiras, durante os períodos de precipitação mais intensos, ficam com um caudal muito superior ao caudal natural. Tendo inúmeras descargas de águas pluviais da VCI, Circunvalação, assim como de outras estradas e prédios nas proximidades, tem a vindo causar muitas cheias e erosão nas margens, pois o caudal destas ribeiras costuma aumentar drasticamente em poucos minutos de chuva, devido ao solo extremamente impermeabilizado do tecido urbano onde estão inseridas.

Para controlar este problema, foi construída a bacia de retenção (Figura 35). Esta bacia de retenção é formada por um espaço mais amplo na ribeira, que permite à água escoar melhor e perder velocidade, uma vez que tem espaço para se expandir. Não serve como solução para as cheias, pois em dias de grande precipitação ainda acontecem cheias no local, mas diminui drasticamente a erosão das margens, pois a água tem menos velocidade, logo menos energia cinética.



Figura 35- Bacia de Retenção.

Como vimos, foi criado um charco a montante da bacia de retenção. Os principais objetivos da criação de charcos consistem em:

- Criar espaços de *habitat* para anfíbios;
- Promover espaços do ciclo de vida de espécies prioritárias (sobrevivência, alimentação e reprodução);
- Criar zonas húmidas (protegidas por lei);
- Valorizar ao nível estético e paisagístico, criando espelhos de água, que constituem espaços de contemplação;
- Preparar o terreno, através de uma marcação no local, contornando a área a escavar com estacas unidas por um cordel ou fazendo uma pequena vala e a escavação.

Nesta 2ª fase para além do desentobamento, foi realizada a modelação de margens, 3 mini açudes, plantações e um muro de pedra seca (sem cimento).

3ª fase – Esta fase começa no troço da direita (Ribeira da Granja) depois da figueira que marca o fim da 2ª fase, até a ribeira se encontrar entubada, cerca de 200m acima. Neste espaço foram construídas as seguintes técnicas:

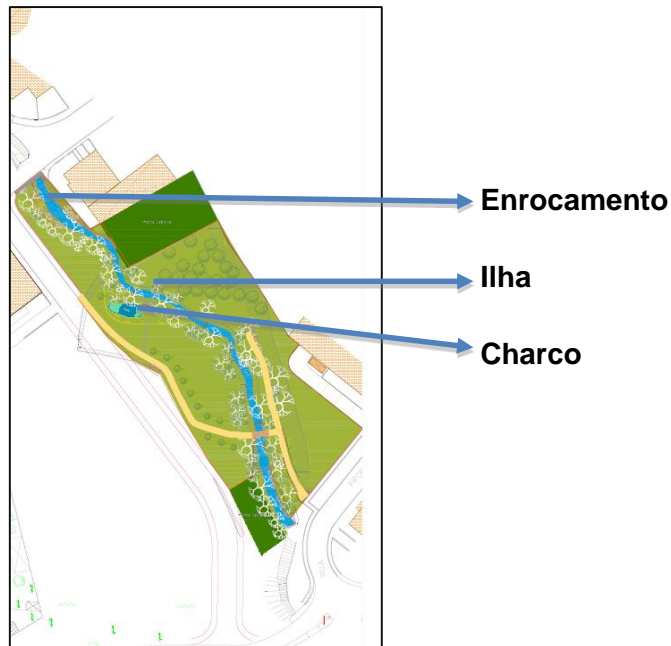


Figura 36. Plano de Obras Ribeira da Granja 3ª fase.

Charco

Este foi construído à mesma cota que a ribeira, perto do caminho pedestre. Mesmo tendo pouco ensombramento pois não tem árvores por cima, cumpre os seus objetivos, já enumerados em cima no charco da 2ª fase. Ao contrário do Charco realizado no Rio Uíma, este não tem a profundidade de 2 metros, mas apenas de 1 metro. Apesar da sua pequena dimensão, tem função de *habitat* para macroinvertebrados e alguns répteis.



Figura 37. Charco 3ª fase.

Enrocamento

Embora não seja o enrocamento a que estamos habituados a ver em técnicas de Engenharia Natural, pode ser denominado de enrocamento, pois não leva qualquer tipo de massa ou cimento para unir as pedras. Neste projeto, devido ao grande declive das margens e à proximidade a edifícios e vias de comunicação, que não permitem a

modelação das margens, estes enrocamentos são semelhantes a muros ou paredões com uma altura considerável, superior a 2 metros em alguns pontos (Figura 38).



Figura 38 Enrocamento 3ª fase.

Devido à grande inclinação das margens, a probabilidade de uma derrocada é significativa. No entanto, apesar de parte do enrocamento estar gravemente danificado, isso deveu-se unicamente às águas pluviais provenientes da estrada adjacente, que destruíram por completo a estrutura do enrocamento. Isto aconteceu porque, durante os períodos de chuva, a água que vem pela estrada infiltra-se e embate na parte de trás do enrocamento, criando erosão no topo e por detrás das pedras, acabando por destruí-lo por completo (Figura 39).



Figura 39 Enrocamento danificado 3ª fase.

Construção de uma Ilha

Foi construída uma ilha, onde se encontrava um Amieiro, criando um segundo canal para a linha de água o ocupar, em épocas de maior caudal, alargando assim o canal e diminuindo a velocidade da água. Este serve também como um defletor à corrente.

Outro motivo que levou a não cortar o Amieiro foi o facto de este ser abrigo para um elevado número de morcegos que nele habitavam.

2.2.4 Atividades de limpeza e corte de material vegetal na reabilitação

O projeto iniciou com o corte da toda a vegetação rasteira das margens da Ribeira da Granja, espécies autóctones e invasoras, pois era necessário movimentar terras e assim facilitava o processo de modelação das margens e construção das técnicas de Engenharia Natural.

No caso das árvores, foram efetuados cortes e podas para desobstruir a linha de água, prevenindo a erosão das margens e a acumulação dos resíduos que são transportados pela água, provocando um obstáculo e criando a possibilidade de uma cheia. Foram apenas deixadas as árvores autóctones, para manter o sistema radicular a suportar o solo da margem.

O trabalho de manutenção do espaço ficou encarregue a uma empresa particular, a qual ficou encarregue de efetuar limpezas, podas e cortes de vegetação, trimestralmente.

2.2.5 Resultados

Este projeto já se encontra em fase de manutenção, é uma oportunidade para avaliar a evolução das técnicas de Engenharia Natural, após cerca de 3 anos da sua aplicação. Era possível avaliar a evolução da vegetação dentro e fora das técnicas, assim como as mudanças que ocorreram na ribeira, devido à aplicação das mesmas, pois durante estes anos estiveram sujeitas a cheias, poluição, vandalismo, secas (alturas com pouco caudal) e ao clima.

Após as avaliações efetuadas das técnicas utilizadas na Ribeira da Granja, verificou-se apenas problemas significativos em duas partes do projeto. Eles aconteceram na segunda fase, onde foram colocadas árvores na bacia de retenção e estas foram vandalizadas, deixando as margens nuas, sem qualquer tipo de vegetação e sombra; e na terceira fase, onde ocorreu o desmoronamento do enrocamento pelas águas pluviais, que não foram tidas em conta. Para remediar estes problemas, dever-se-ia efetuar uma nova plantação e colocar proteção à volta das árvores. No enrocamento dever-se-ia ter colocado umas sargetas de saneamento maiores, que conseguissem captar as águas pluviais da rua adjacente, ou então impermeabilizar o solo até ao enrocamento, para que a água circulasse por cima e não por baixo do mesmo.

Como se pode observar no capítulo 2.3.2, desde que houve a intervenção de reabilitação (2006), houve melhorias em todas as componentes. Apesar do IRR ser 4, houve uma grande melhoria do espaço, tanto a nível ecológico, como paisagístico, social e económico, provando que o desentubamento das ribeiras também é uma oportunidade de valorização do espaço reabilitado e envolvente.

Este projeto permitiu controlar melhor as cheias que costumavam existir com frequência na zona, devido à ribeira estar entubada, mas também teve contributos como:

- Oxigenação da água;
- Fitoremediação (pois antes não tinha vegetação);
- Abrigo para animais;
- Captura de CO₂ por parte da nova vegetação;
- Local de alimento e nidificação para aves;
- Local de lazer e desporto;
- Local de ilustração das técnicas de Engenharia Natural;

2.3 Discussão de resultados

2.3.1 Evolução das técnicas de estabilização.

Após estar em contacto com técnicas de Engenharia Natural, foi fácil perceber o quanto é importante existir um plano prévio para analisar os locais que necessitam de intervenção e que tipo de técnicas devem ser colocadas nesses locais para satisfazer as suas necessidades (proteção, abrigo, contenção, etc.). Isto sempre tendo em conta fatores como a velocidade da corrente, o caudal, o tipo de solo, vegetação, inclinação das margens e pontos de descargas de águas pluviais. Estas são maioritariamente construções muito frágeis durante o primeiro ano, até se formar um sistema radicular que segure o solo. Por isso é fundamental escolher a técnica a usar, tendo em conta os fatores já referidos, para que não sejam necessários grandes trabalhos de manutenção.

A época do ano em que são realizadas as construções é o fator que consideramos de maior relevância para o sucesso do projeto, uma vez que as estruturas das técnicas e as estacas completam-se, tendo em conta o clima, e o sucesso depende de ambas. Com este estudo verificamos que a altura ideal para a construção das técnicas seria entre Fevereiro e Março. No entanto, este período coincide com a chegada de aves migratórias e a nidificação, comprometendo as operações de limpeza e poda, pois estas provocam um grande impacto ambiental negativo na reprodução da fauna. Assim, embora não seja a época favorável para a implementação das técnicas, mas tem um menor impacto ambiental para a fauna, é aconselhado por vários autores a realização das técnicas em Setembro e Outubro.

Comparando a evolução das técnicas de Engenharia Natural dos dois casos de estudo, encontramos algumas diferenças na evolução das mesmas, mesmo tendo ambas sido construídas em linhas de água muito similares (menos na estrutura urbana circundante). Verificamos que a época do ano de construção foi um fator negativo para o Rio Uíma.

Comparando os dois casos de estudo podemos identificar as falhas de cada um, em particular, ou de ambos. Em caso de falha num caso de estudo, numa técnica, ao comparar com um caso de estudo sem falhas, identificamos os fatores que influenciaram de forma diferente para ambos, e detetamos o problema.

Tabela 16. Análise comparativa dos Muros Vivos. (Pereira et al. 2015)

	Rio Uíma	Ribeira da Granja
Comprimento:	15 m	20 m
Estacas:	Salgueiros e Sabugueiros	Salgueiros
Danos estruturais:	Com 40% do enchimento erodido	Sem danos visuais
Vegetação:	Sem vegetação com sistema radicular	Com vegetação com sistema radicular
Diâmetro dos troncos perpendiculares (A) e longitudinal (B):	A:20 cm B: 10-15 cm	A:10 cm B:10 cm

Como já referido, os danos estruturais devem-se às cheias que ocorreram em Santa Maria da Feira, o que não aconteceu na Ribeira da Granja. Outra diferença detetada foi o diâmetro dos troncos perpendiculares. No Rio Uíma, como eram maiores, deixavam o solo mais exposto à erosão hídrica. Como se pode observar na Figura 40, quando ocorreram as cheias (no dia seguinte à construção), não existia qualquer tipo de sistema radicular para segurar o solo, nem o solo teve tempo para ganhar consistência. É também possível observar a erosão a ocorrer no topo, junto aos troncos transversais.



Figura 40. Cheias no Rio Uíma.

Tabela 17. Análise comparativa do Manto de Fibra de Coco. (Pereira et al. 2015)

	Rio Uíma (transversais e longitudinais/ longitudinais)	Rio Uíma (transversais)
Comprimento:	20 m	10 m
Danos estruturais:	Poucos danos estruturais	Danos significativos estruturais
Vegetação:	Grande deposição de sementes	Pouca deposição de sementes
Proteção:	Tem ação protetora	Não tem ação protetora

Como não foi utilizado o Manto de Fibra de Coco na Ribeira da Granja, foram testados no Rio Uíma 3 tipos de posição de suporte do manto. Assim foi possível observar que quando são apenas colocadas estacas transversais, o manto de fibra de coco fica muito mais exposto e propicio a sofrer erosão. É possível observar a técnica em cheia na Figura 40. Outro aspeto importante para garantir um suporte mais eficaz do manto é nivelar o solo antes de o estender, para não ficarem cantos levantados por onde a água se possa infiltrar e o rasgar por completo.

Tabela 18. Análise comparativa de Entrançado (Pereira et al. 2015)

	Rio Uíma	Ribeira da Granja
Comprimento:	50 m	40 m
Estacas:	Salgueiros	Salgueiros
Danos estruturais:	Sem danos visuais	Sem danos visuais
Margem:	Grande sedimentação na margem e proteção	Proteção da margem
Vegetação:	Algumas das estacas e prumos rebentaram	Nem estacas nem prumos deram origem a vegetação

Em ambos os casos de estudo foram construídos entrançados usando prumos e estacas de salgueiro. No caso do Rio Uíma, as estacas e os prumos foram colocados de seguida ao corte e foram enterrados, vindo a rebentar e a formar um entrançado vivo. Assim, o entrançado manteve a sua elasticidade e consistência, aguentando melhor com a pressão da água, o que não aconteceu na Ribeira da Granja, onde o entrançado

não teve qualquer rebentamento e os prumos e estacas ficaram secos e quebradiços, acabando algumas vezes por partir.

No caso do Rio Uíma foi possível observar de imediato uma grande sedimentação na margem onde fora colocado o entrançado. Este dado mostra que esta é uma técnica que não só protege a margem, como também ajuda a recuperar os sedimentos.

Tabela 19. Análise comparativa dos Enrocamentos. (Pereira et al. 2015)

	Rio Uíma	Ribeira da Granja
Comprimento:	30 m	50 m
Estacas:	Salgueiros e Sabugueiros	Salgueiros
Danos estruturais:	Sem danos visuais	Com graves danos em margens de maior inclinação
Margem:	Completamente recuperada	Maioritariamente recuperada
Declive da margem:	10% – 20%	40% - 70%
Vegetação:	Com estacas a desenvolverem-se	Com estacas e plantas desenvolvidas

Esta técnica, em ambos os casos de estudo, mostrou ter uma elevada resistência à erosão hídrica nas margens. No entanto, quando é colocada em declives mais elevados, pode sofrer alguns danos ou mesmo ser destruída por completo. Um dos casos foi na Ribeira da Granja, onde as águas pulvianas da via de comunicação infiltrou-se por detrás de um enrocamento, numa margem de grande declive, que destruiu. O peso das rochas em solos húmidos criam derrocadas, podendo bloquear a linha de água e assim criar uma série de outros problemas associados.

É uma técnica muito simples de aplicar e com resultados muito satisfatórios logo após a construção, como é tão robusto é pouco dependente do desenvolvimento das estacas nos primeiros anos.

Quanto aos Gabiões vivos e ao Colchão de Reno, não foi encontrada qualquer tipo de falha. Devido à sua natureza mais resistente, por não conterem terra que possa ser erodida e todos os materiais usados não serem degradáveis (excluindo as estacas),

não apresentaram nenhuma falha estrutural ao longo do tempo. Assim, as únicas falhas possíveis estavam nas estacas colocadas no seu interior e na sua base. Demonstra assim que a época da construção não influencia o seu desenvolvimento estrutural e que aguenta grandes velocidades de água e caudais, nas épocas de maior precipitação. No entanto, este tipo de estruturas têm uma função de *habitat* e de refúgio muito reduzidas, em comparação as outras utilizadas.

2.3.2 Evolução Ecológica

Num projeto de reabilitação fluvial, com uso de técnicas de Engenharia Natural, é imperativo um bom desenvolvimento das plantas autóctones, pois o sistema radicular vai ter a função de suporte das margens e a copa das árvores formam corredores ecológicos importantes à fauna e criam sombra.

Assim, nenhuma das técnicas que possam ser implementadas nestes projetos de reabilitação fluvial têm sucesso se não tiverem um bom sistema radicular, não sendo possível também aumentar a biodiversidade local sem as copas das árvores. Logo, é de extrema importância obter uma boa plantação ou sucessão de árvores para obter os resultados desejados e exigidos em projeto, em todos os aspetos (ecológico e hidrogeomorfológico). Só com boa flora local podemos encontrar boas condições ecológicas em todos os aspetos: fauna, geológicos e hidrológicos.

Para obter um estado ecológico saudável de um sistema ribeirinho tem que se começar por eliminar o maior número de espécies invasoras possíveis, pois estas, como tem um crescimento muito superior as autóctones, abafam com o seu ensombramento e consomem grande parte dos nutrientes e da água presente no solo, matando e evitando que as autóctones tenham oportunidade de se desenvolver. Devido a estas características, o abate das plantas invasoras não é suficiente. Levando anos a conseguir controlar ou mesmo erradicar estas plantas invasoras, é fundamental existir um plano de monitorização e ações de corte e contenção das mesmas durante longos períodos de tempo, até as plantas autóctones criarem sombra suficiente para não permitir o seu crescimento.

Em ambos os casos de estudo foi realizado um corte total da vegetação rasteira e em alguns casos foi mesmo utilizado herbicida para matar algumas plumas que foram encontradas, e foi realizado o seu controlo durante os primeiros 3 meses. De seguida

foram colocadas estacas por toda a área do projeto, especialmente com maior densidade junto às linhas de água, para criar um maior sistema radicular possível (dentro de um ano serão feitos cortes para diminuir a densidade das árvores estacadas). No caso de estudo do Rio Uíma, foi estimado uma estacaria de cerca de 9.300 estacas das espécies já referidas.

Após a medição semanal e as visitas ao Rio Uíma, constatou-se que cerca de 50% das estacas de Salgueiro rebentaram; 100% das estacas de Sabugueiro rebentaram; e cerca de 20% das estacas de Amieiro rebentaram, mas com crescimentos muito inferiores às outras duas. Na altura da primavera houve um grande aparecimento de vegetação, que cobriu as estacas por completo, atrasando o seu crescimento. No entanto, devido à sua grande densidade, as técnicas de Engenharia Natural tiveram uma maior eficácia, pois estas possuem um grande sistema radicular. Outra das causas de algumas das estacas terem secado foi o terem sido pisadas por pessoas mais curiosas que saíram dos caminhos previamente definidos. Em junho foi realizado uma limpeza da vegetação herbácea que estava a tapar as estacas e as plantas colocadas, tendo sido cortadas algumas plantas e estacas, acidentalmente, devido à dificuldade de serem encontradas no meio de vegetação, que chegava aos 2 metros de altura.

Ainda no Rio Uíma, foi possível erradicar as plumas ou penachos (*Cortadeira selloana*). Apesar de ser uma população muito diminuta, foi feita a intervenção com recurso a corte e pulverização de herbicida junto à raiz, para controlar o repovoamento e possível crescimento na área. Existiam outras invasoras, como por exemplo a Erva-da-Fortuna (*tradescantia-fluminensis*) e a Tintureira (*phytolacca-americana*), mas após o corte inicial da vegetação, foi só efetuado o controlo destas para que não desenvolvessem populações maiores.

No caso de estudo da Ribeira da Granja, podem-se observar inúmeras árvores autóctones já desenvolvidas no espaço reabilitado na fase 1, com algumas já a necessitar de podas para desobstruir a linha de água. Já nos restantes, como a bacia de retenção e a maior parte da 3ª fase, não existem praticamente árvores nenhuma, ou existem poucas e isoladas. Por isso, nos locais 6 a 7 da Figura 27, deveriam ser efetuadas plantações ou estacaria para criar sobra e corredores ecológicos, como existem nas restantes partes da ribeira.

Caso tivessem sido construídos os entrançados vivos, poderíamos observar muita mais vegetação junto à linha de água. Desta forma, só no muro vivo é que encontramos árvores desenvolvidas a menos de 1 metro da linha de água. Mas como

não foram registados nenhuns casos significativos de erosão, não justificava uma nova plantação junto à linha de água, pelo menos no troço da fase 1.

3 Metodologia para avaliação e implementação do IRR

Para um entendimento técnico/científico do estado de degradação de um rio e a possível reabilitação do mesmo, é necessário uma avaliação e caracterização extensiva, que inclua o maior número de dados. Isso permite construir um melhor instrumento de decisão ao responsável, mostrando a evolução das várias componentes ao longo do tempo e a sua evolução.

Na avaliação de um troço de rio, o principal instrumento é a comparação. A comparação vai ditar as alterações que ocorreram no rio ao longo do tempo (comparando o aspeto visual, dados laboratoriais e fotográficos e amostras recolhidas ao longo dos anos), mas mostra também as alterações sofridas pelo rio, usando outros rios da mesma tipologia biótica e abiótica e ainda nos dá os valores (PH, O₂, N...) de referência para cada tipologia. Assim nasce a necessidade de termos instrumentos de comparação que sejam não só extensivos e com bons caracterizadores, como também que tenham um erro humano ou sistemático baixo. Foi a pensar neste erro que nasce o IRR, que tem todas as componentes necessárias para uma boa avaliação e caracterização de um rio, com vista à sua reabilitação, mas também permite que sejam poucas as diferenças na avaliação por parte dos diferentes avaliadores.

O *Índice de Reabilitação de Rios* (IRR) foi criada por Doutor Pedro Teiga na sua tese de Doutoramento para simplificar uma boa caracterização de um rio, fornecendo, assim, aos técnicos da área um instrumento mais acessível e rápido, comparando com os que existem atualmente.

3.1 Aplicação do IRR

O *Índice de Reabilitação Ribeirinha* (IRR) é um índice que pretende ser acessível aos técnicos das Câmaras ou pessoas com formação na área do ambiente. Para isso foram criadas perguntas básicas, mas que respondem ou colocam a hipótese de uma resposta a perguntas mais técnicas que precisam de um maior estudo, o qual requer um técnico especializado e material adequado para análises. Um dos exemplos mais simples é o do cheiro da água, caso a resposta seja “*Cheira a podre*” pode indicar a presença de contaminantes graves ou animais em putrefação. Não sabendo ao certo a causa do mau cheiro, sem as devidas análises, esta referência já indica que existe alguma coisa na água que não é natural e requer atenção.

Com uma linguagem mais informal podemos então ter mais público a responder ao índice e, por consequência, ter mais dados e linhas de água no estudo. Estes dados podem ser muito importantes no apoio a quem tem o poder de decisão, para que este(s) possam intervir com projetos de reabilitação nas linhas de água mais degradadas.

A avaliação do IRR pretende analisar os indicadores que na Engenho e Rio³ se tem em consideração e se pretende melhorar, desde dados ambientais, como participação pública, história do povoamento da região e as propostas de monitorização existentes nos municípios. Para tal, cada um destes indicadores é avaliado de 1 a 5 sendo o 1 o cenário Excelente e o 5 Muito Mau (Tabela 20). Na Tabela 21 encontram-se os indicadores avaliados por ordem e numerados como serão representados no gráfico final. Ao permitindo agrupar todas estes dados num só gráfico, isso irá facilitar a avaliação inicial de um rio ou ribeira e concluir se necessita de um projeto de reabilitação fluvial.

Tabela 20. Valores do IRR e significado.

Valor	Significado
1	Excelente
2	Bom
3	Medíocre
4	Mau
5	Muito Mau

³ Empresa onde foi realizado o estágio.

Tabela 21- Critérios avaliados no IRR (Teiga, 2011).

Componentes de avaliação	P1	P2	P3	Troço Global
A. Dados Gerais	I a V	I a V	I a V	I a V
B. Qualidade da água	I a V	I a V	I a V	I a V
B1. Físico-químicas/bacteriológicas	I a V	I a V	I a V	I a V
B2. Ecológicas	I a V	I a V	I a V	I a V
C. Hidrogeomorfologia	I a V	I a V	I a V	I a V
C1. Regime hidrológico	I a V	I a V	I a V	I a V
C2. Características geomorfológicas	I a V	I a V	I a V	I a V
D. Corredor Ecológico	I a V	I a V	I a V	I a V
D1. Vegetação	I a V	I a V	I a V	I a V
D2. Habitat	I a V	I a V	I a V	I a V
D3. Fauna	I a V	I a V	I a V	I a V
E. Alterações Antrópicas	I a V	I a V	I a V	I a V
E1. Poluição	I a V	I a V	I a V	I a V
E2. Construções	I a V	I a V	I a V	I a V
E3. Exploração	I a V	I a V	I a V	I a V
F. Participação Pública				I a V
F1. Disponibilização de informação				I a V
F2. Envolvimento público				I a V
F3. Acção				I a V
G. Organização e planeamento				I a V
G1. Legislação				I a V
G2. Estratégia, planos de ordenamento e gestão				I a V
G3. Gestão das intervenções de melhoria				I a V
IRR- Índice de reabilitação de Rios				I a V

A. Dados Gerais

Os dados gerais são os únicos dados relativos ao técnico que está a realizar a caracterização e o local exato da linha de água em que se encontra. Estes dados são relevantes, na medida em que nos permite avaliar a qualidade dos dados analisados, pois esta está diretamente relacionada com as competências do técnico. Assim, quanto mais competências este tiver, mais completos e exatos serão os dados recolhidos e melhor será a análise do IRR.

A localização da linha de água caracterizada é também um fator de extrema importância, pois em Portugal existem várias tipologias de linhas de água e cada uma tem parâmetros diferentes, como fauna, flora, geologia, declives, precipitação, entre outros. Sabendo a tipologia onde se encontra a linha de água pode-se então avaliar o IRR, tendo os dados da tipologia onde está inserido como referência de qualidade. Estas tipologias de rios são referência para todos os parâmetros menos os E, F e G.

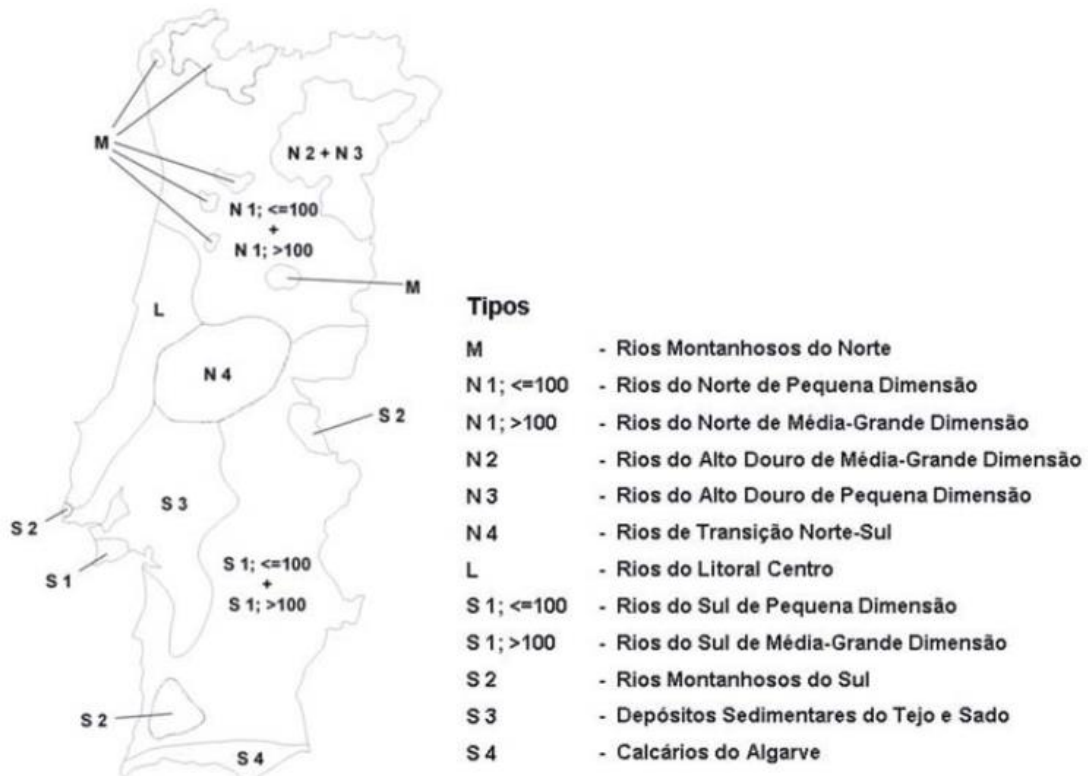


Figura 41- Tipologia dos rios em Portugal (INAG 2008)

B. Qualidade da Água

As análises da qualidade da água superficial no local em estudo passa por 9 parâmetros químicos, onde, para analisar 5 são necessários materiais específicos; 3 são parâmetros de análise visuais e 1 de análise olfativa.

A qualidade da água pode ser dada como má com apenas uma análise visual, pois tendo indícios de óleos, espumas e esgotos ou sendo cinza, laranja ou leitosa, sabemos imediatamente que a qualidade da água não é a mais desejável e é logo atribuída uma má pontuação, considerando também a quantidade do poluente presente. Seguindo uma análise sem instrumentos mecânicos, o odor da água é também um indicador da sua qualidade. Sabemos que uma água pura não tem cheiro, mas se cheirar a podre, a peixe, a esgoto ou odor químico, temos a certeza que a qualidade da água não está no desejado e é atribuída uma má pontuação.

Assim apenas com dados visuais e olfativos temos uma caracterização muito substancial, mas que já nos dá informação da qualidade da água. Para uma fase de projeto ou averiguar as causas da poluição, serão necessárias análises laboratoriais e

depois procurar a fonte da poluição, o que implica muitos custos para o técnico ou município.

Este parâmetro é o número 2 na ficha do IRR:

Tabela 22- IRR: Qualidade da Água.

2. Qualidade da água			
Parâmetros físico-químicos			
	pH		6
	Condutividade		20
	Temperatura		15°C
	O ₂ mg/L / O ₂ %	/	0.2/0.5
	Nitratos/Nitritos	/	10/0.5
	Transparência (I-IV)		IV
Indícios na água			
	1. Óleo (reflexos multicolores); 2. Espuma; 3. Esgotos; 4. Impurezas e lixos orgânicos;5. Sacos de plástico e embalagens;6. Latas ou material ferroso;7. Outros:_____		2;3;6
A cor da água			
	1 Transparente; 2 Leitosa; 3 Castanha; 4 Verde-escura; 5 Laranja; 6 Cinzenta; 7 Outra cor:_____		4
O odor (cheiro) da água			
	1 Não tem odor; 2 Cheiro a fresco; 3 Cheiro a peixe; 4 Cheiro a esgoto; 5 Cheiro químico (cloro); 6 Cheiro podre (ovos podres); 7 Outro odor:_____		6

C. Hidrogeomorfologia

Este é o parâmetro que mais necessita de um estudo temporal e do uso da carta de tipologias de rios, para ter um ponto de referência do estado ideal do rio. De facto, os rios dentro da mesma tipologia partilham consigo várias variáveis que, em Portugal continental, só existem naquela zona. Estas variáveis exemplificadas na Tabela 23, são responsáveis pelo comportamento, caudal, largura, velocidade, perfil da margem, profundidade, entres outras inúmeras características de um rio.

Sendo os Rios do Norte, de Média-Grande Dimensão, os que sofrem maior precipitação média anual, espera-se então obter valores de caudal e possivelmente velocidade superiores a outras tipologias. Com maiores caudais e velocidades, espera-se também que a dimensão do rio seja superior e os níveis de erosão também, logo espera-se um perfil de margem que seja dos mais acentuados do resto do país.

Tabela 23- Estatística descritiva das principais variáveis ambientais para os Rios do Norte de Pequena Dimensão (Tipologia de rios em Portugal, 2008).

Variável	Média±DP	Mínimo	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	Máximo
Temperatura Média Anual (°C)	12,42±1,26	8,48	11,68	12,49	13,38	15,20
Precipitação Média Anual (mm)	1190,25±357,80	413,00	864,00	1149,00	1466,00	2510,00
Altitude (m)	413,27±242,20	0,00	197,84	410,12	608,48	1199,64
Dimensão da Área de Drenagem (km ²)	33,28±22,86	10,00	15,00	25,00	47,00	101,00
Amplitude Térmica do Ar (°C)	10,07±1,31	6,94	9,17	10,34	10,86	14,79
Coefficiente de Variação da Precipitação	0,28±0,01	0,25	0,27	0,28	0,29	0,31
Longitude (WGS 84)	6º 12' W a 8º 51' W					
Latitude (WGS 84)	39º 55' N a 41º 57' N					
Regime de Escoamento	Min.- Max.			Interquartil		
	Entre 100 a 1800 mm			Entre 300 a 800 mm		

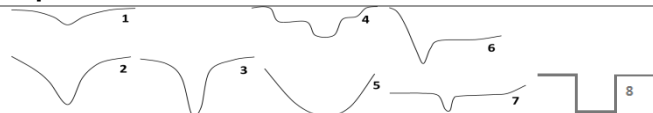
Os dados recolhidos em campo irão possibilitar a avaliação do estado das margens, comparando com o volume de águas existentes. O estado geral da linha de água é um fator a considerar, pois este pode ter uma grande influência no perfil da margem e no seu caudal.

Pegamos então nos dados da Tabela 24 e construímos um questionário que abrangesse os dados mais relevantes para uma boa caracterização, resultando na Tabela 25, que refere as características Hidrogeomorfológicas no IRR.

Tabela 24- Resumo das características hidrológicas (Teiga, 2011).

C. Hidrogeomorfologia	
C1. Regime hidrológico	
Regime de escoamento	Regime de precipitações, escoamento médio anual, velocidade média; secção, regime de caudal médio anual, uniformidade do canal, largura do leito de cheia, tipo de corrente, largura da superfície de água, conectividade fluvial e de caudal longitudinal
C2. Características geomorfológicas	
	Localização, altitude, distância à nascente, tipo de linha de água (montanha; intermédio; planície), distância ao aglomerado urbano
Dimensão do canal	A margem forma alcantil (talude)? Altura do alcantil (talude)
	Secção, declive, perfil das margens, largura da superfície de água, largura do leito de cheia, recolha de marcas de cheias, largura do leito molhado, declive de leito
Estabilidade e erosão	Perfil das margens; erosão do leito/margens; tipo de sedimentação; aluimentos, processos de incisão do leito; marcas de erosão marginal;
	Nº. de canais; uniformidade do canal; verificar singularidades; morfologia do troço; modificações nas margens
Forma do vale	Tipos de formas de vale, uniformidade do canal, morfologia do troço, esquema (perfil) longitudinal
Tipo de substrato do leito, margens e geologia	Substrato do leito e margens, tipo de Solo, encharcamento e textura. Tipo de geologia: rochas graníticas; rochas xistosas; rochas não consolidadas (sedimentares/terraços fluviais); substrato geológico; falhas geológicas

Tabela 25- IRR: Hidrogeomorfologia.

1. Características de rio/ribeira	Es	Drt.	Esq	Drt	E.	D.
Tipo de vale						
						1
Perfil de margens						
1 Vertical escavado ; 2 Vertical cortado ; 3 Declive > 45% ; 4 Declive <45% ; 5 Suave ; 6 Composto <45% ; 6 artificial					2	4
Volume de água						
Largura da superfície da água "L" (m)						3
Profundidade média "P" (m)						1
Secção S=(P x L) (m ²)						3
Velocidade média "V" ? (m/?s)						0,25
Caudal C=(V x S) (m ³ /s):						0,75
Substrato margens						
1 Solo argiloso; 2 Arenoso; 3 Pedregoso; 4 Rochoso; 5 Artificial pedra; 6 Artificial betão.					2;5	2;5
Estado geral da linha de água:						
I. Canal sem alterações, estado natural; II. Canal ligeiramente perturbado; III. Início de uma importante alteração do canal; IV. Grande alteração do canal; V. Canal completamente alterado (canalizado, regularizado)					I	V
A margem do rio (< 10m) tem:						
1. Monstros domésticos;2. Entulhos; 3. Lixos de pequena dimensão;4. Sacos de plástico; 5.Latas ou material ferroso; 6. Outros:_____					3	2;3 ;5

D. Corredor Ecológico

Na caracterização do estado geral ribeirinho, a fauna e a flora tem um papel crucial para definir o estado ecológico, químico e artificializado. São bioindicadores do estado da água e do solo adjacente. E observando as espécies presentes ou inexistentes, podemos-nos questionar sobre a qualidade ambiental do rio ou ribeira. Ou seja, caso não encontremos macroinvertebrados, mas estando presentes lagostins, sem qualquer análise química da água podemos assumir que o estado ecológico local não é o mais desejado.

Não nos interessa meramente ter um sistema fluvial sem poluição e sem erosão. Sem um ecossistema saudável este sistema fluvial não poderá ter uma boa classificação, pois este acabará por sofrer alterações químicas e físicas num curto período de tempo. O cenário ideal de classificação 1 será um ecossistema autossustentável, onde teremos um conjunto de vegetação autóctone, não excessiva,

mas também não escassa, ou seja, saudável, que forme corredores ecológicos para espécies de fauna autóctones, onde poderão encontrar alimento, abrigo e predadores (a ação predatória é um ponto chave para manter as populações saudáveis em qualquer ecossistema), num sistema fluvial sem perturbações humanas significativas.

Tabela 26- Resumo características Corredores Ecológicos (Teiga, 2011).

D. Corredor Ecológico	
D1.Vegetação	Estrutura; conectividade e continuidade; diversidade; QBR; estado de conservação da vegetação leito e margens (ICVR); tipo de vegetação dominante; estado de desenvolvimento da vegetação; sucessão de vegetação rípica autóctone; espécies invasoras; diversidade florística
D2.Habitat	Espaço + Tempo
	Requisitos do ecossistema ribeirinho, líquenes e fungos
	Abundância de matéria orgânica (IAMO)
	Tipo e abundância de <i>habitat</i> presente; <i>habitat</i> dominante; tipo de comunidades presentes; estados de conservação dos <i>habitats</i> presentes
D3.Fauna	Peixes; anfíbios; répteis; aves, mamíferos; crustáceos e moluscos; Presença de espécies exóticas e invasoras
	Resultado Total de D – Corredor Ecológico

Tabela 27- IRR: Fauna.

5. Fauna			
Anfíbios			
1. Salamandra-lusitânica (<i>Chioglossa lusitanica</i>); 2. Salamandra-de-pintas-amarelas (<i>Salamandra salamandra</i>); 3. Tritão-ventre-laranja (<i>Lissotriton boscai</i>); 4. Rã-ibérica (<i>Rana ibérica</i>); Outros: _____			1;2
Répteis			
1. Lagarto-de-água (<i>Lacerta schreiberi</i>); 2. Cobra-de-água-de-colar (<i>Natrix natrix</i>); 3. Cágado (<i>Mauremys leprosa</i>) 4. Outro: _____			2
Aves			
1. Guarda-rios (<i>Alcedo atthis</i>); 2. Garça-real (<i>Ardea cinerea</i>); 3. Melro-de-água (<i>Cinclus cinclus</i>); 4. Galinha-de-água (<i>Gallinula chloropus</i>); 5. Outro: _____			1;2
Mamíferos			
1. Lontras (<i>Lutra lutra</i>); 2. Morcegos-de-água (<i>Myotis daubentonii</i>); 3. Toupeira da água (<i>Galemys pyrenaicus</i>); 4. Rato-de-água (<i>Arvicola sapidus</i>); 5. Outro: _____			3;4
Fauna Exótica:			
1. Perca-sol (<i>Lepomis gibbosus</i>); 2. Tartaruga da Florida (<i>Trachemys scripta</i>); 3. Caranguejo-peludo-chinês (<i>Eriocheir sinensis</i>); 4. Gambúsia (<i>Gambusia holbrooki</i>); 5. Lagostim vermelho (<i>Procambarus clarkii</i>); 6. Outro: _____			8
5.1. Macroinvertebrados			
1. Planárias; 2. Dípteros; 3. Gastrópodes physa; 4. Bivalves; 5. Coleóptero (escaravelho); 6. Trichóptero (mosca d'água); 7. Odonata; 8. Heterópteros; 9. Plecópteros (mosca-de-pedra); 10. Efemerópteros (efémera); 11. Crustáceos; 12. Ácaros; 13. Pulga-de-água (<i>Daphnia</i>); 14. Insetos – adultos (adultos na forma aérea).			1;6;11

A tipologia de rio no que toca a fauna não é muito relevante; já a origem da espécie é um dado que distingue as espécies que são consideradas 1 (Excelentes) e 5 (Muito Más). Quanto maior for o número das espécies autóctones, melhor será a

pontuação; no entanto, se tiver pelo menos uma exótica, o resultado terá de ser no mínimo 3 e este irá aumentando quanto maior for a sua população, ou existindo outras espécies exóticas no mesmo espaço. Aliás, o número da população de cada espécie tem que ser considerado, pois a presença de um só indivíduo não é motivo para indicar que essa espécie se encontra inserida nesse ecossistema.

Tabela 28- IRR: Flora.

6. Flora					
1.Salgueiral (salgueiros); 2. Amial (amieiral); 3. Freixial (freixos);4. Choupal (choupos); 5. Ulmeiral (ulmerios); 6. Sanguinhos; 7. Ladual (lódãos-bastardos); 8. Tramazeiras; 9. Carvalhal; 10. Sobreiral;11. Azinhal; 12. Outro:_____				1; 2; 6	1;2 ;6; 9
Estado de conservação do bosque ribeirinho (10mx10 m)					
1.Total (>75%) com bosque - continuidade arbórea com total sobreposição de copas; 2. (50-75%) Com bosque ripícola Semi-continua arbórea; 3. (25-50%) Sem bosque ripícola (Semi-continua arbórea); 4. Campos agrícolas (10-25%) Descontinua - na arbórea; 5. (5 a 10%) Interrompida – com manchas de árvores; 6. (<5%) Esparsa - Só árvores isoladas ou Urbanizações ou infra-estruturas;				1	4
Espécies vegetação invasora					
1. Silvas; 2. Erva-da-fortuna; 3. Plumas;4. Lentilha da água; 5. Pinheirinha; 6. Jacinto de água; 7. Outro:_____					2
Obstrução do leito e margens (vegetação)					
I. Com pouca ou sem vegetação no leito <5%; II. Com alguns ramos e pequenos troncos no leito (5 a 25%); III. Com ramos e troncos no leito e margem (25 a 50%); IV. Com obstrução de 50 a 75% com ramos e troncos; V. Com obstrução quase total >75% do leito e margens.				III	II

O estado da vegetação é o ponto-chave de qualquer projeto de reabilitação fluvial para criação de espaços naturais. Da vegetação vai depender a fauna aí presente, a erosão nas margens, a qualidade da água e a matéria orgânica. Este é um fator que necessita de ser avaliado em conjunto com as tipologias de rios, pois a presença de uma espécie⁴ no norte de Portugal, não significa que seja igualmente benéfica no sul. Cada tipologia de rio terá a sua vegetação autóctone e daí as espécies terem valores diferentes em cada parte do país, menos as espécies invasoras, que não pertencem a qualquer tipologia existente em Portugal, logo são consideradas como más. Mais uma vez, o tamanho da população tem relevância na pontuação final, seja a espécie invasora ou autóctone.

⁴ São exemplos destas espécies: Pinheiro Bravo, Plátano, Buxo, Avelaira, Barrete-de-Padre, Cerejeira-de-santa-lúcia, entre outros.

E. Alterações Antrópicas

Neste dois pontos do IRR tratamos em obter informação sobre o património edificado e intervenções no local de estudo. Tirando algumas exceções de intervenções, como as limpezas das margens, técnicas de Engenharia Natural e margens desocupadas, todos os restantes pontos a acrescentar são negativos.

A pontuação deve ser dada consoante a gravidade do impacto da estrutura presente e também segundo o número de estruturas presente. Por exemplo, uma barragem tem um impacto superior a uma casa; no entanto se existirem inúmeras casas, o valor final poderá ser o mesmo.

Tabela 29- Resumo características de Alterações Antrópicas (Teiga, 2011).

E. Alterações Antrópicas	
E1. Poluição	
Efluentes	Descargas de esgotos e efluentes
Resíduos	Deposição de resíduos (entulho; resíduos domésticos e industriais); presença de resíduos; descargas em vazadouro;
Ruído	Níveis de ruído
Luminosa	Níveis de luminosidade
E2. Construções	
	Estruturas de estabilização; tipo de modificações do canal e das margens; manutenção e estado de degradação das estruturas
Infra-estruturas	Construções; estado do canal; construção de edifícios nas margens
Intervenções de regularização	Existência de aproveitamentos hidroeléctricos
Degradação das construções	Aluimentos de estruturas
E3. Exploração (usos)	
Usos do Solo	Uso do solo marginal e utilização urbana (pública); esquema longitudinal do troço em estudo; corte transversal do domínio hídrico (dh). Ocupação e tipo de margens
	Extracção de inertes
	Pastoreio; pisoteio; obstrução; desmatação; queimada/incêndios;
Utilização da água	Captações; rega; derivação/regulação; praias fluviais, lazer, caça e pesca, banho, recreio,
Resultado Total de E – Alterações antrópicas	

Tabela 30- IRR: Alterações Antrópicas.

3. Intervenções presentes	A	B	C
Intervenções			
1. Edifícios; 2. Pontes; 3. Limpezas das margens; 4. Estabilização de margens; 5. Barragem; 6. Diques; 7. Rio canalizado; 8. Esporões; 9. Paredões; 10. Técnicas de Engenharia Natural; 11. Outras: _____			3 1;4; 7
Ocupação das margens [<10 m]			
1. Zona natural com/sem intervenção; 2. Floresta/arvores plantadas; 3. Mato alto (1-5 m); 4. Mato rasteiro <1m; 5. Pastagem (pecuária); 6. Agricultura; 7. Espaço abandonado (+ 3 anos); 8. Jardins ou espaços de lazer; 9. Zona edificada (casas/edifícios); 10. Zona industrial; 12. Vias de comunicação (ruas); 12. Entulho e zona degradada.			1 6;7; 9
4. Património edificado [estado de conservação: I - Bom a V- Mau]			
1. Moinho/azenhas; 2. Açude <1m; 3. Açude (1-9 m); 4. Barragem (> 10m); 5. Levadas; 6. Pesqueiras; 7. Escadas de peixe; 8. Poldras; 9. Pontes/pontões sem pilar no canal; 10. Pontes/pontões com pilar no canal; 11. Passagem a vau; 12. Barcos; 13. Igreja, capela, santuário; 14. Solares ou casas agrícolas; 15. Núcleo habitacional;			12-V 1-I 14-IV 15-V

1. Edifícios particulares; 2. Edifícios públicos (estatais); 3. ETA/ETAR/elevatórias; 4. Descarregadores de águas pluviais; 5. Coletores saneamento; 6. Deflectores artificiais; 7. Mota lateral; 8. Canal artificial; 9. Entubado						1-IV 8- II
--	--	--	--	--	--	---------------

Questões como estas, de ocupação e intervenção, dão-nos a ideia do uso dos recursos e das descargas efetuadas numa linha de água. Assim, tomando por exemplo uma ETAR, logo esperamos a existência de descargas de resíduos sólidos e químicos que terão grande impacto na qualidade de uma linha de água, mesmo tendo um grande caudal.

F. Participação Pública

A participação pública é uma componente importante em qualquer tipo de projeto, principalmente durante a fase de monitorização. Após a finalização da obra, é importante a participação dos habitantes para manter o espaço limpo e criar uma consciência ambiental que irá permitir o sucesso de qualquer projeto, principalmente dos projetos de carácter ambiental, que são mais sensíveis a perturbações humanas, em fase de monitorização.

Tabela 31 - Resumo características de Participação Pública (Teiga, 2011).

F. Participação Pública	
F1. Disponibilização de informação	Na Web; bibliotecas, juntas de freguesia, Relatórios não técnicos (nas junta de freguesia/autarquia) Relatórios técnicos Nas escolas (conteúdo intra-curricular; projecto; extra-curricular) Programas de televisão
F2. Envolvimento público (Emitir opinião)	Nº. de sessões de Participação Pública no âmbito do projecto Nº. de Grupos do Projecto Rios Nº. de actividades total de envolvimento público Nº. associações existentes Nº. de inquéritos e questionários distribuídos
F3. Acção (agir)	Actividades e nº. grupos, Projecto Rios; Pessoas envolvidas em actividades Nº. de acções desenvolvidas junto das linhas de água Acções de fiscalização Utilizações do meio ribeirinho
Resultado Total	Resultado Total de F – Participação Pública

É importante calcular o número de pessoas que estão envolvidas em atividades relacionadas com o rio ou ribeira estudados. Um existência de um grande número de pessoas integrando os projetos locais, ou presença de Associações no espaço das intervenções, são um aspeto positivo, pois garante uma continuação de manutenção e de proteção. Estes também tem um papel importante para avaliar o estado ecológico, hídrico e de alterações antrópicas, porque normalmente os participantes das associações ou nos projetos são moradores na região e têm grande conhecimento sobre o estado atual e temporal do local.

Nesta categoria e na próxima o valor final dado é igual ao maior valor atribuído dentro destes três parâmetros, onde cada alínea corresponde ao número que lhe é atribuído na descrição.

Tabela 32 - IRR: Participação Pública.

<p>7. Disponibilização de informação</p> <p>1) Local de informação por junta de freguesia mais próxima ou acesso público á internet, Disponibilidade de informação (técnicos e não técnicos) e acesso a informação de projetos de Participação Pública.</p> <p>2) Local de informação por município ou acesso público á internet, Disponibilidade de informação (técnicos e não técnicos) e acesso à informação de projetos de Participação Pública.</p> <p>3) Acesso á internet com indicações da localização da informação e disponibilidade de informação (técnicos e não técnicos).</p> <p>4) Disponibilidade de informação de qualidade deficiente para os objetivos de reabilitação.</p> <p>5) Ausência de locais de informação acessível.</p>	Colocar um número só.	
<p>8. Envolvimento público</p> <p>1) Envolvimento de Decisores-Chave (município, ARH), em pelo menos sessões de participação pública, grupos Projeto Rios, associações locais, Sondagens e Inquéritos a população.</p> <p>2) Envolvimento de Decisores-Chave (município, ARH), em pelo menos sessões de participação pública e/ou associações locais.</p> <p>3) Poucas atividades de participação pública.</p> <p>4) Atividades com deficiente envolvimento publico local.</p> <p>5) Ausência de atividades de envolvimento.</p>	Colocar um número só.	
<p>9. Ação</p> <p>1) São realizadas pelo menos uma das atividades de ações de fiscalização, Monitorização, acompanhamento de participação e envolvimento da população, no mínimo 1%, e há o seu feedback.</p> <p>2) São realizadas pelo menos uma das atividades de ações de fiscalização e há o seu feedback.</p> <p>3) Integração das decisões de participação nas soluções e inexistência de feedback das decisões finais.</p> <p>4) Sem integração nem feedback das decisões finais.</p> <p>5) Ausência total de atividades.</p>	Colocar um número só.	

G. Organização e Planeamento

Ainda mais importante que a participação pública é o planeamento e a organização por parte das entidades responsáveis, pois estas garantem que sejam movimentados fundos monetários para projetos de reabilitação e manutenção do projeto. O cumprimento das leis e diretivas providencia, garantidamente, o mínimo de condições ecológicas e hídricas, pois estas obrigam a uma manutenção rigorosa das linhas de águas por privados e instituições públicas. São necessários órgãos como SEPNA⁵ e agentes dos municípios que controlem o cumprimento (ou não) da lei.

⁵ Serviço de Proteção da Natureza e do Ambiente.

Tabela 33 - Resumo características de Organização e Planeamento (Teiga, 2011).

G. Organização e planeamento	
G1. Legislação	Cumprimento da legislação aplicável
G2. Estratégia, planos ordenamento e gestão BH (ou PGRH)	Estratégia de reabilitação em implementação e integrada com as figuras de ordenamento locais e regionais (PBH, PGRH, PDM, REN, RAN)
G3. Intervenções de melhoria	Definição de objectivos claros de intervenções de melhoria; - Acções de monitorização com valores de referência; - Acções de fiscalização; - Plano de intervenção em caso de acidente ou catástrofe; - Plano de acções de intervenção e melhoria; - Acções de manutenção com envolvimento dos proprietários
Resultado Total de G - Organização e planeamento	

Cada município decide onde pretende investir os seus fundos. Assim, este tópico avalia o interesse do município em recuperar e manter a qualidade das suas linhas de água. Caso não existam estratégias de recuperação, manutenção, planos de ordenamento do território, gestão dos recursos hídricos e ações de limpeza, isso demonstra o desinteresse do município. Tal facto leva a que se espere encontrar linhas de água abandonadas, com graves casos de plantas invasoras, poluição e erosão.

Tabela 34 -IRR: Organização e Planeamento.

10. Legislação	Colocar um número só.	
1) Cumpre todos os requisitos legais nacionais, diretivas europeias e convenções internacionais assinadas por Portugal. 2) Cumpre todos os requisitos legais nacionais. 3) Não cumpre requisitos legais ao nível de pessoas singulares. 4) Não cumpre requisitos legais ao nível de pessoas singulares e de pessoas coletivas. 5) Não se observa nenhuma aplicação legal.		1
11. Estratégia, planos de ordenamento e gestão	Colocar um número só.	
1) Existem evidências de implementação de uma estratégia de reabilitação integrada com as figuras de ordenamento locais e regionais. 2) Existe uma estratégia de reabilitação integrada ou planos de ordenamento e de gestão de bacia hidrográfica implementados. 3) Existem planos de ordenamento e de gestão de bacia hidrográfica desintegrados das figuras de ordenamento local e regional e com diminuta implementação. 4) Existem planos de ordenamento e de gestão de bacia hidrográfica sem implementação. 5) Não existe nenhum documento estratégica, planeamento de ordenamento e de gestão a nível de recursos hídricos.		4
12. Gestão das intervenções de melhoria	Colocar um número só.	
Existe pelo menos uma atividade de cada um dos grupos: 1) Definição de objetivos claros de intervenção de melhoria, ações de monitorização com valores de referência, ações de fiscalização, plano de intervenção em caso de acidente ou catástrofe, plano de ações de intervenção de melhoria e ações de manutenção com envolvimento dos proprietários. 2) Definição de objetivos claros de intervenção de melhoria, plano de ações de intervenção de melhoria, ações de monitorização com valores de referência e ações de manutenção com envolvimento dos proprietários. 3) Definição de objetivos claros de intervenção de melhoria e plano de ações de intervenção de melhoria. 4) Definição de objetivos claros de intervenção de melhoria, mas sem qualquer intervenção. 5) Não existe nenhuma evidência de gestão das intervenções de melhoria.		3

3.2 Verificação de dados

O IRR proposto foi aplicado em vários rios e ribeiras para averiguar se ele engloba todos os aspetos relevantes que se pretendem avaliar. Ainda para analisar a dificuldade e a opinião de pessoas externas à criação do IRR, foi efetuada uma avaliação por pessoas selecionadas, com algum conhecimento em ambiente, para efetuar uma avaliação com o novo IRR num troço de rio que lhes mais convinha, sempre acompanhados por coordenadores da investigação, para ser possível assistir às dificuldades existentes durante a leitura do questionário, as medições efetuadas e ao preenchimento. Assim se poderia perceber se os potenciais usuários do IRR entendiam o que lhes era pedido e se respondiam com exatidão ao questionário.

Para ser construída uma base de dados fidedigna, necessitamos de dados com o maior grau de exatidão, tendo em conta que as condições do rio variam constantemente. E com parâmetros, como a cor, que podem variar em questão de horas, temos que ter o maior número de parâmetros com grande exatidão, para que quem consultar a avaliação fora do local da amostra, consiga compreender os problemas envolvidos naquela área e possa propor aos decisores medidas de remediação ou contenção do problema identificado.

Embora a maior parte dos parâmetros possam ser colhidos no local, os parâmetros F⁶ e G⁷ necessitam de informações adicionais, das quais nem todos têm acesso. Logo aqui é identificado um grande obstáculo às pessoas que não trabalhem diretamente com o rio em questão, pois não têm toda a informação necessária, necessitando de recorrer à ajuda dos técnicos da Câmara, Internet ou mesmo de outras pessoas com esta informação disponível.

⁶ F- Participação pública

⁷ G- Organização e Planeamento

Tabela 35. Análise de sugestões e dificuldades na realização do IRR.

	Dificuldades Encontradas	Sugestões dadas	Erros observados
A. Dados Gerais			
B. Qualidade da água			
B1. Físico-químicas/bactérias	Necessita de análises, pois as fitas não são suficientes para alguns parâmetros.	Colocar escala de cores para a transparência da água.	
B2. Ecológicas	Muita dificuldade em saber o nome científico das espécies de macroinvertebrados e o seu valor no ecossistema.	Colocar imagens das espécies.	
C. Hidrogeomorfologia			
C1. Regime hidrográfico	Confundir o tipo de vale com o perfil de margem.		
C2. Características geomorfológicas	Dificuldades em distinguir solos arenosos em solos argilosos.		
D. Corredores Ecológicos			
D1. Vegetação	Muita dificuldade em saber identificar as espécies.	Colocar imagens das espécies.	
D2. Habitat			
D3. Fauna	Dificuldade em encontrar as espécies e saber o seu valor no ecossistema.	Colocar imagens das espécies.	
E. Alterações Antrópicas			
E1. Poluição			
E2. Construções	Dificuldades em saber identificar as construções como açudes e se estão		

	a uma distância que se deve considerar.		
E3. Exploração			Não tem muitos exemplos de exploração humana, como por exemplo extrato de areias, aquacultura e produção de animais.
F. Participação pública			
F1. Disponibilização de informação	Grandes dificuldades em encontrar estas informações caso estejam mal divulgadas ou inexistentes.		
F2. Envolvimento público	Grandes dificuldades em encontrar estas informações caso estejam mal divulgadas ou inexistentes.		
F3. Ação	Grandes dificuldades em encontrar estas informações caso estejam mal divulgadas ou inexistentes.		
G. Organização e Planeamento			
G1. Legislação	Grandes dificuldades em saber se a legislação está a ser cumprida ou se mesmo dentro dos valores aceitáveis, não há intenção preservação pelos proprietários ou município.		
G2. Estratégia, planos de ordenamento e gestão	Grandes dificuldades em encontrar estas informações caso estejam mal divulgadas ou inexistentes.		
G3. Gestão das intervenções de melhoria	Grandes dificuldades em encontrar estas informações caso estejam mal divulgadas ou inexistentes.		

3.3 Resultados obtidos

3.3.1 Qualidade dos resultados

Após o preenchimento do questionário do IRR, a avaliação final de cada componente pode variar de técnico para técnico, sendo a sua perceção, tendo em conta os dados que foram recolhidos, que ditará o valor final. Por isso as componentes B,C,D e E podem variar no máximo de 1 valor de técnico para técnico, no mesmo local e nas mesmas condições. O sistema IRR não foi sistematizado a dar valores finais exatos, pois existe um conjunto enorme de variáveis, nas quais para as componentes referidas pode haver mais do que uma solução para obter o mesmo valor. Por exemplo, a cor ideal da água varia de rio para rio, logo a cor transparente (por exemplo) para um rio de montanha seria de valor 1, num outro rio próximo já poderia ter outro valor, e ser a cor castanha o valor 1.

Para contornar um pouco este problema, poder-se-ia usar a carta biogeográfica de Portugal, preparada pelo Departamento de Proteção das Plantas e de Fitoecologia, do Instituto Superior de Agronomia, onde são agrupados os rios com as mesmas categorias, ajudando assim a sistematizar o IRR por categoria. No entanto, teríamos que ter um IRR diferente para cada uma das 12 tipologias de rios em Portugal (Figura 41). O técnico que está a realizar a avaliação deverá, então, ter em conta a tipologia do rio em que está, antes de dar um valor final a estas categorias.

Para as restantes componentes o valor é logo atribuído durante o preenchimento, diminuindo assim a possibilidade de haver erros. Pode apenas ocorrer erro caso o técnico responda mal às perguntas.

Os materiais necessários para garantir a qualidade dos dados e responder às perguntas são: fita métrica, fitas de ph, fitas de Nitratos, fitas de Nitritos, termómetro, Manuais de identificação de aves, plantas e macroinvertebrados. Todas as espécies encontradas no local de estudo devem ser identificadas, para conhecer a sua função no habitat, valorizando (caso seja um bioindicador) ou desvalorizando (caso seja uma espécie exótica ou invasora) o resultado final. O número de população e o perigo que esta espécie apresenta para o ecossistema tem que ser tido em conta, pois só uma única espécie com grande população ou que constitui grandes riscos para o

ecossistema pode originar valores finais de 4 ou mesmo 5 para as categorias Fauna e Flora.

Para um preenchimento correto e sem falhas do IRR a Engenho e Rio pretende-se organizar uma formação de caracterização de rios e ribeiras onde irá ser explicado como devem ser obtidos os dados necessários para um preenchimento correto e completo dos campos avaliados. Muitos dos erros que possam vir a ser cometidos na avaliação devem-se à falta de conhecimento das espécies e do seu valor ambiental, como também do preenchimento incompleto ou de forma deficiente das componentes.

3.3.2 Discussão dos resultados

Foi realizada a avaliação dos casos de estudo utilizando a metodologia nova do IRR, ambas com o mesmo avaliador e os resultados foram expressos na mesma tabela com os resultados do IRR avaliado por Pedro Teiga em 2006 e 2010. Assim foi possível observar as componentes em que os projetos melhoraram, ou que não tiveram alteração desde o início até 2015.

No caso do Rio Uíma, podemos observar uma melhoria de 14 componentes. Isto deve-se principalmente ao elevado desenvolvimento da vegetação e ao elevado número de espécies autóctones, plantas, assim como exóticas extinguidas (ou até mesmo erradicadas), à elevada divulgação do projeto e a atividades realizadas, principalmente em 2014 e 2015, após a finalização da construção das técnicas de Engenharia Natural (estas também contribuíram para aumentar o habitat e a qualidade do corredor ecológico).

A qualidade da água, no caso do Rio Uíma, continua a ser um caso a melhorar, pois sabemos que existem descargas pontuais de fontes desconhecidas que têm grandes implicações no ecossistema do parque. A poluição com resíduos urbanos também é um problema que ainda persiste, após inúmeras limpezas, tanto no leito do rio como nas margens. No entanto, tem sido menos frequente encontrar resíduos de grandes dimensões, devido à desobstrução das linhas de água e às ações de participação pública, que sensibilizaram os moradores.

A qualidade da água (B), no caso do Rio Uíma, continua a ser um caso a melhorar, pois sabemos que existem descargas pontuais de fontes desconhecidas que têm grandes implicações no ecossistema do parque. A poluição com resíduos urbanos

também é um problema que ainda persiste, após inúmeras limpezas, tanto no leito do rio como nas margens. No entanto, tem sido menos frequente encontrar resíduos de grandes dimensões, devido à desobstrução das linhas de água e às ações de participação pública, que sensibilizaram os moradores.

O valor final do IRR deu 3 (**Error! Reference source not found.**), pois corresponde ao valor mais alto das componentes avaliadas. Comparando com os dados avaliados nos anos 2006 e 2010, onde foram obtidos os valores 5 e 4 respetivamente, podemos afirmar que houve uma melhoria até ao ano 2015, comprovando que as medidas de reabilitação implementadas neste projeto tiveram impacto positivo.

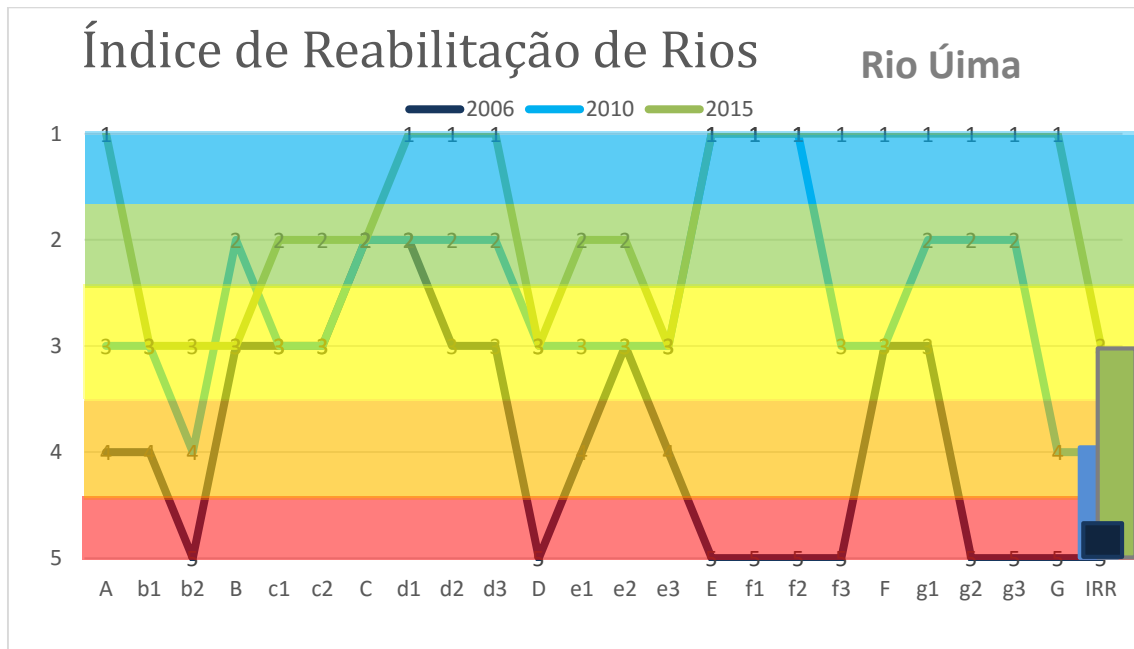


Figura 42. IRR Rio Úima.

No caso de estudo da Ribeira da Granja, os resultados são um pouco diferentes do esperado, nomeadamente na componente e2. Segundo o novo IRR encontramos valores inferiores aos registados por Pedro Teiga em 2010. No entanto, isso não significa que estejam incorretos, porque pode ter havido dados diferentes a nível de alterações antrópicas (E), nomeadamente nas construções e2. Devemos, no entanto, ter em conta que a opinião de avaliador para avaliador pode influenciar a construção dos resultados, daí a disparidade. O valor em e2 foi considerado 3, pois ao longo da ribeira reabilitada (não contando com as partes entubadas), podemos encontrar pontes com pilares dentro do rio, vias de comunicação e casas no leito de cheia

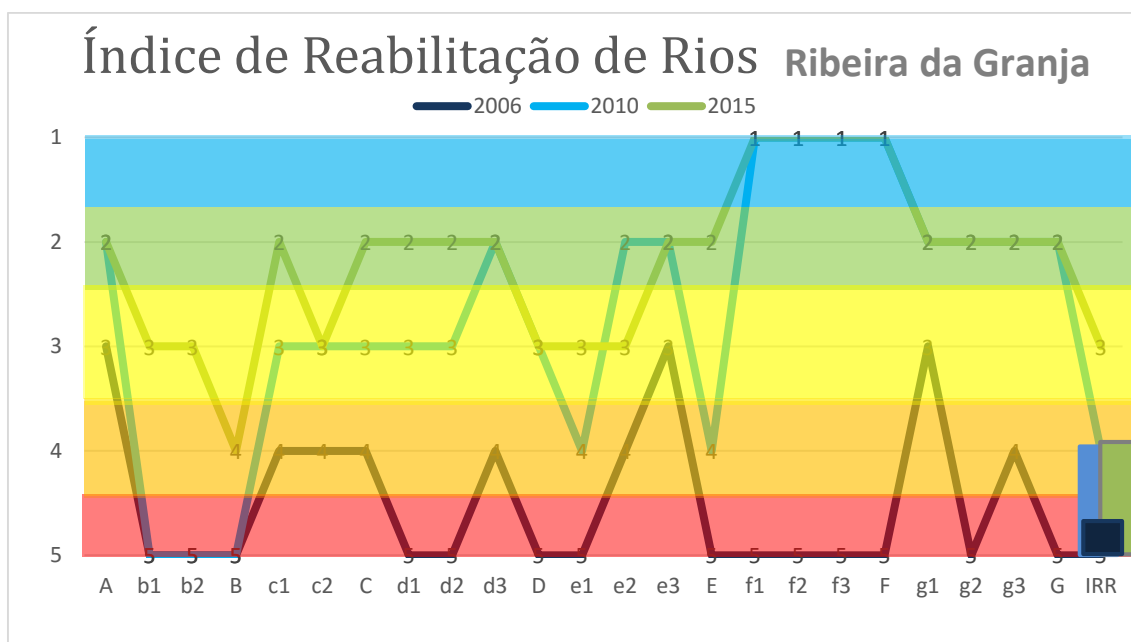


Figura 43. IRR Ribeira da Granja.

Apesar de obter 9 componentes acima das avaliadas, tanto em 2010 como em 2006. Isto não foi suficiente para aumentar o valor geral do IRR, que voltou a obter uma pontuação no valor de 4, o que não significa que não tenha havido evolução do projeto, como se pode observar em 6 componentes que melhoraram. No entanto nem todas as componentes podem ser controladas facilmente e melhoradas diretamente com a reabilitação, como é o caso das descargas de efluentes.

4 Conclusão e perspetivas futuras

O ineficaz ou inexistente planeamento urbano no século XX criou uma série de problemas ambientais, dos quais ainda hoje sentimos o efeito, nomeadamente em cheias, poluição aquática, entubamento de rios e ribeiras e o corte das espécies de fauna ribeirinhas. Depois de urbanizar as margens dos rios, as pessoas passaram a lidar com cheias que provocavam danos materiais, por vezes mesmo causando algumas perda de vidas humanas. A típica solução da altura era canalizar, entubar ou criar paredes de betão ou cimento, para tentar conter as cheias.

Estas soluções, implementadas principalmente em áreas urbanas, destruíam por completo a fauna e flora local, degradando o sistema dinâmico e ecológico de um rio, diminui a perceção de perigo a cheias e promovem um afastamento emocional das linhas de água por parte da população local. Assim nasce a necessidade de recuperar os espaços invadidos pelo homem, dando espaço aos rios para eles inundarem em cheias e recuperar os corredores ecológicos usando novas metodologias como as da Engenharia Natural para a promoção de uma sociedade sustentável.

Para uma maior eficácia na reabilitação das linhas de água em Portugal, necessitamos, primeiro, de conhecer e avaliar o estado das mesmas, para podermos atuar onde carece mais de intervenções de melhoria. Isto é fundamental, não se resumindo as intervenções desadequadas onde em alguns casos se desperdiçam fundos financeiros para recuperar espaços para lazer e rios que não apresentam problemas de maior gravidade. No entanto rios degradados têm de forma recorrente sido negligenciados face aos problemas. A ferramenta IRR pretende oferecer aos municípios uma forma de avaliar e enviar os dados reunidos para os projetistas de intervenções de reabilitação fluvial, como é o caso da empresa Engenho e Rio, a fim de fazer uma comparação dos dados entre linhas de água e detetar aquelas que têm maior urgência de atuação, priorizando as intervenções mais urgentes. Esta ferramenta permite ainda ao município comparar as linhas de água que estão sobre a sua gestão e atuar adequadamente face às necessidades. Após as inúmeras saídas de campo de caracterização efetuadas para aplicação do IRR, com apoio e de forma autónoma, o IRR proposto mostrou ter resultados muito satisfatórios e transcreve a realidade observada em campo. Esta ferramenta demonstrou que tem capacidade para ser um instrumento importante para apoio a decisores e dar contributos para a priorização das medidas a atuar na resolução ou minimização dos problemas detetados.

Este mesmo IRR tem possibilidade de demonstrar a evolução do estado de uma linha de água ao longo do tempo, como também após intervenções de melhoria. Nesse sentido foi aplicada esta ferramenta na avaliação das intervenções efetuadas na Ribeira da Granja e no Rio Uíma, onde foram realizadas duas avaliações com o IRR proposto por Pedro Teiga em 2011 e uma outra versão apresentada aqui nesta dissertação, no ano presente (2015). Esta ferramenta pode ser utilizada para a avaliação de rios e ribeiras, mas também pode ser utilizada para efetuar monitorização do espaço avaliado ao longo do tempo (como também foi realizado no Rio Uíma e na Ribeira da Granja).

Os dados retirados desta avaliação foram descritos no capítulo 3.3.2, onde se podem verificar algumas evoluções progressivas em certas componentes (corredores ecológicos, etc.) em ambos os casos de estudo, e 2 falhas ou regressões no caso da Ribeira da granja relativamente a alterações antrópicas e qualidade da água.

A Engenho e Rio vai continuar a desenvolver e melhorar esta ferramenta do IRR, passando para uma aplicação móvel, para facilitar a avaliação por parte dos profissionais e chegar a mais municípios e rios. Pode ser uma oportunidade para ser desenvolvida por profissionais na área de ambiente e informática a contribuir para ferramentas de apoio á reabilitação.

As técnicas de Engenharia Natural estão sujeitas a uma grande variedade de fatores, sejam eles climáticos, geológicos, biológicos, hidrológicos, temporais, sazonais etc. Assim, apesar destes dois casos de estudo apresentados se encontrarem na mesma tipologia de linhas de água, diferem no comportamento hidrológico e biológico. A época do ano em que são realizadas as construções é o fator que consideramos de grande relevância para o sucesso do projeto, uma vez que as estruturas das técnicas e as estacas completam-se e o sucesso depende de ambas. Com este estudo verificamos que a altura ideal para a construção das técnicas deverá ser entre Fevereiro e Março, contrariando a bibliografia encontrada (como referida no capítulo 3.1.3). No entanto, este período coincide com a chegada de aves migratórias e a nidificação, comprometendo as operações de limpeza e poda, pois estas podem provocar um grande impacto ambiental negativo na reprodução da fauna. Assim, a melhor época para a implementação das técnicas a nível de fauna, é em Setembro e Outubro. No entanto caso a linha de água a recuperar esteja inserida no meio urbano, deve-se ter em conta os impactos da realização das obras e a construção das técnicas de Engenharia Natural, podendo ser realizadas em alguns casos no início da primavera, quando o caudal é menor e a probabilidade de ocorrer cheias também é muito inferior. O Projetista e equipa

de fiscalização deve ponderar as alternativas mais favoráveis tendo em conta os impactes ambientais.

A principal razão que nos leva a estas conclusões quanto à data, provém dos dados da monitorização realizada nas estacas no Rio Uíma. Embora a taxa de sucesso fosse satisfatória, poderia ter sido muito superior caso tivesse sido realizada no início da primavera, quando houve o maior crescimento registado. Como foi referido, algumas das estacas foram colocadas durante o período de dormência vegetativa, o que fez com que secassem e não pegassem.

Durante a investigação foi possível acompanhar outra obra da Engenho e Rio, em Lanheses, Viana do Castelo, onde foram colocadas as estacas em Fevereiro, com mais exposição solar e muito perto da água, teve um sucesso de 100%, e um crescimento muito superior às estacas do Rio Uíma. Embora não seja um dos casos de estudo desta dissertação, esta intervenção vem comprovar que a época do ano, exposição solar e a abundância de água (muitas das estacas no Uíma também estão perto das linhas de água) são fatores muito importantes para o sucesso e o crescimento das estacas. Como qualquer técnica de Engenharia Natural necessita das estacas para serem bem-sucedidas, a estacaria tem o papel principal e deve ser a maior preocupação num projeto de Reabilitação fluvial, quando se recorre à Engenharia Natural.

Embora o conceito de reabilitação fluvial com recurso a técnicas de Engenharia Natural ainda seja um conceito novo e pouco explorado em Portugal, em ambos os casos de estudo provaram que, apesar de algumas falhas sem grande gravidade, projetos destes conseguem resolver problemas de variadas origens relacionadas com os rios e ribeiras. E o IRR prova esta evolução temporal, pois projetos desta natureza requerem tempo para o desenvolvimento da vegetação, controlo das invasoras e o reaparecimento de espécies autóctones.

Este trabalho desenvolvido permitiu aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo do mestrado e realizar investigação/ação e participar nas decisões face aos constrangimentos operativos e de aplicação das intervenções de reabilitação fluvial.

O sucesso de intervenções fluviais só poderá ser verificado por processos de Avaliação e Caracterização de Projetos de Reabilitação Fluvial. A partilha dos resultados e experiências é fundamental para a melhoria dos recursos hídricos e assim contribuir para a sustentabilidade da sociedade a nível local. Assim como a dissertação e tese de doutoramento de Pedro Teiga e esta dissertação, são bons exemplos de práticas e metodologias a aplicar em projetos desta natureza.

5 Bibliografia

- Downs, P., & Kondolf, G. (2002). *Post-project appraisals in adaptive management of river channel restoration*. *Environ. Manag.* 29, 477-496.
- England, J., Skinner, K., & Carter, M. (2008). *Monitoring, river restoration and the water framework directive*. *Water Environmental. J.* 22, 227-234.
- Ferreira, M. A. (2006). *Riparian and aquatic vegetation in Mediterranean-type streams (western Iberia)*. *Limnetica*, 411-424.
- Gray, D. y. (1996.). *Biotechnical and Soil Engineering slope stabilization. La practical guide for erosion control*. J.Wiley and Sons, New York.
- Jalón, D. (2007). *Restauración de Rios Guia Metodológica para elaboración de proyectos*. TF ARTES GRÁFICAS.
- Lovett, S., & Edgar, B. (2002). *Planning for new restoration. Fact Sheet 9. Land & Water*. Canberra.
- Morandi, B., Piégay, H., Lamouroux, N., & Voudor, L. (2014). How is success or failure in river restoration projects evaluated? *Journal of Environmental Management. Journal of Environmental Management*, 178-188.
- Moreira, et. al. (2004). *Gestão ambiental de sistemas fluviais, aplicação à bacia hidrográfica do rio Sado*. ISA Press.
- Oliveira, et. al. (2007). *Projecto aquariport: programa nacional de monitorização de recursos piscícolas e de avaliação da qualidade ecológica de rios*. Lisboa: Direção-Geral dos Recursos Florestais.
- Pereira, T. et. al. (2015). Avaliação de técnicas de Engenharia Natural em restauro fluvial. *Restaura Rios*. Pampolona - Navarra.
- Perrow, M. D. (2002). *Handbook of ecological restoration (Vol2 - Restoration in practice)*. Cambridge: Cambridge.
- Rosgen. (2007). *Stream Restoration Design National Engineering Handbook*. (p. Cap. 11). Washington DC: USDA Natural Resources Conservation Service.
- Saraiva, M. (1999). *O Rio Como Paisagem: Gestão de corredores no quadro do ordenamento do território*. Fundação Calouste Gulbenkian; Fundação para a Ciência e Tecnologia, Ministério da Ciência e Tecnologia.

Bibliografia

Tánago, M. (2007). *Restauración de Ríos Guia Metodológica para elaboración de proyectos*. TF ARTES GRÁFICAS.

Teiga, P. M. (2003). *Reabilitação de ribeiras em zonas edificadas. Tese de mestrado em Engenharia do Ambiente*. Faculdade de Engenharia do Porto.

Teiga, P. M. (2011). *Avaliação e mitigação de impactes em reabilitação de rios e ribeiras em zonas edificadas: uma abordagem participativa. Tese de Doutoramento*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Waal, et. al. (1998). *Rehabilitation of Rivers: Principles and Implementation*. John Wiley & Sons Ltd.

Zeh, H. (2007). *SOIL BIOENGINEERING Construction type manual*. Michael Fassler.

6 Anexos

Anexo 1: Esquema de Plantação no Rio Uíma

nº	Cor	Espécies	Total	Estacionamento - via Idrio/Uíma	Estacionamento - Cuna lateral	Entrada ou das ribeiras	Zona D (Entrada ou das rib. - observatório) - Preta	Zona E (Observatório - Preta)	Zona F (Pereirinha - início do passadizo) - ETAR	Zona H (ETAR - até à Ponte)	Total	Total P
1	Vermelho	<i>Viburnum tinus</i> (Folhado)	102			20	30	10	20	2	102	102
2	Branco	<i>Celtis australis</i> (Lôbô)	105	20		20	40		10	5	105	105
3	Prateado	<i>Prunus avium</i> (cerejeira)	100	20		20	5	5	20	5	100	100
4	Castanho	<i>Ulmus minor</i> (ulmeiro)	115	20		30	25		10	5	115	115
5	Cor-de-Rosa	<i>Prunus lusitânica</i> (azeiteiro)	139	10		50	40	5	5	5	139	139
6	Azul	<i>Crataegus monogyna</i> (pinheiro)	52	2		20	10	5			52	52
7	Verde	<i>Quercus robur</i> (carvalho)	61						51		61	61
8	Amarelo	<i>Fraxinus argus</i> (freixo)	100	2		41	40			2	100	100
9	Preto	<i>Ilex aquifolium</i> (azevicho)	10	2					4	2	10	10
10		<i>Laurus nobilis</i> (loureiro)	10	2					6	2	10	10
11	Preto/Verde	<i>Myrica faya</i> (samouco)	6	2				2			6	6
		TOTAL	801	80		201	190	27	126	28	800	801
		<i>Previsto!</i>		80		270	200	30	100	30	860	860

Anexo 2: Artigo Apresentado e Publicado no congresso Restaura Rios 2015.

AVALIAÇÃO DE TÉCNICAS DE ENGENHARIA NATURAL EM RESTAURO FLUVIAL

(Casos de estudo da Ribeira da Granja e Rio Uíma)

Tiago PEREIRA¹, Pedro TEIGA², Nuno FORMIGO³

¹ Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP), Porto; tiago_112@live.com.pt;

² Engenho e Rio, Porto, Rua Leonardo Coimbra, nº27, 4200-365, Portugal; Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), Porto; pteiga@gmail.com;

³ Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP), Porto; neformig@fc.up.pt

Resumo

Projetos de reabilitação fluvial vem aumentar o desenvolvimento sustentável do território, promovendo os ecossistemas ecológicos, aumentando biodiversidade e valorizando os espaços coletivos envolventes. Os projetos de reabilitação fluvial do Rio Uíma e da Ribeira da Granja são dois exemplos de reabilitação que recorreram ao uso de técnicas centenárias de Engenharia Natural. Usando materiais inertes e mais económicos provaram serem eficazes para desenvolver um corredor ecológico e no combate á problemática da erosão marginal.

Este artigo pretende avaliar a aplicação de técnicas de Engenharia Natural em dois casos de estudo realizados na cidade do Porto (2010) e Fiães- Santa Maria da Feira (2014). A partir dos resultados obtidos concluiu-se a origem de algumas falhas e como estas poderiam ser solucionadas para cada um dos casos de estudo e, comparando-os, propôs-se então algumas críticas e sugestões para futuros projetos de reabilitação fluvial.

Palavras-Chave: reabilitação fluvial, Engenharia Natural Rios, ecossistemas ribeirinhos.

Abstract

River rehabilitation projects is to increase the sustainable development of the territory, promoting the ecological ecosystems, increasing biodiversity and enhancing the surrounding collective spaces. The river rehabilitation projects Uíma Rio and Ribeira da Granja are two examples of rehabilitation that resorted to using centuries-old techniques of natural engineering. Using inert and more economical materials have proven to be effective to develop an ecological corridor and the fight will problem of bank erosion.

This article aims to evaluate the application of Natural Engineering techniques in two case studies conducted in Porto (2010) and Fiães- Santa Maria da Feira (2014). From the results it was concluded the origin of some failures and how these could be addressed for each of the case studies and comparing them, it was proposed then some criticism and suggestions for future river rehabilitation projects.

Keywords: river rehabilitation, Natural Engineering Rivers, riverine ecosystems.

1. Introdução

As linhas de água foram em tempos as nossas vias de comunicação nacional e internacional. Daí os maiores aglomerados urbanos estarem situados nas proximidades dos grandes rios, principalmente na sua foz. Nos tempos que correm, excluindo aqueles os que usufruem das linhas de água para comércio direto ou indireto, o publico em geral procura-as apenas para lazer e desporto. Isto fez com que se perdesse o interesse em preservar e proteger, outra hora tão importantes linhas de água. Outras das grandes consequências deste desinteresse e falta de cuidado por parte dos proprietários de terrenos junto as linhas de água deve-se ao desaparecimento dos guarda-rios, que fiscalizavam e puniam aqueles que não preservassem as margens das linhas de água.

As limpezas dos terrenos agrícolas e outros terrenos privados, muitas das vezes não respeitam a DQA e acabam por cortar toda a vegetação nas margens das linhas de água. Isto constitui um problema, pois o solo nu é facilmente erodido, especialmente durante as épocas de grandes precipitações, onde os caudais e as velocidades aumentam.

A reabilitação de rios e ribeiras surge como a necessidade de cumprir os requisitos da DQA (Waal, et al., 1998; Teiga 2003; URBEM 2005) e as técnicas de engenharia natural constituem uma oportunidade para melhorar a estabilização das margens e promover o aumento da diversidade de habitats dos ecossistemas ribeirinhos, uma vez que são de carácter mais económico e fácil construção. Elas são, portanto, uma solução para a problemática da erosão de margens e rios e ribeiras e promoção de corredores ecológicos. Estas técnicas ancestrais reutilizam o material lenhoso que sobra das atividades de limpeza, como a poda e corte de árvores mortas em leito do rio. Promovendo assim a reutilização dos desperdícios e incentivando à limpeza das margens ribeirinhas, permite criar espaços de melhor acessibilidade para a população local e visitantes.

Neste artigo pretende-se apresentar os resultados obtidos em processos de caracterização e aplicação de técnicas de engenharia natural em projetos de restauro fluvial no Rio Uima em Santa Maria da Feira e na Ribeira da Granja no Porto, ambos em Portugal. Apresentam-se os resultados de novos dados de campo recolhidos, registos fotográficos e experiências nestes projetos de reabilitação fluvial.

As intervenções de reabilitação das linhas de água decorrem da premência de minimizar os problemas existentes e para cumprir os requisitos da Diretiva Quadro da Água (DQA)

e dos princípios estabelecidos na Lei da Água (Lei 58/2005 de 29 de Dezembro, na sua última redação dada pela Lei n.º 130/2012, de 22 de Junho). Tendo isto em conta, a avaliação dos projetos de reabilitação fluvial vai de encontro ao que é pretendido nos requisitos da DQA.

2. Metodologia

2.1. Metodologia geral de avaliação

O processo de avaliação dos projetos iniciou-se em setembro de 2014, quando foi proposto acompanhar o desenrolar de um projeto de reabilitação (caso de estudo do Rio Uíma) onde se teve a oportunidade de participar na construção das técnicas de Engenharia Natural, retirando experiências vividas e observadas em fase de construção e nos meses seguintes à sua conclusão. O caso de estudo da Ribera da Granja serviu como ponto de referência do que é esperado que aconteça às técnicas implementadas no Rio Uíma em 3 anos.

Foram monitorizadas uma amostra das estacas colocadas em toda a área do projeto através de sua etiquetagem, no mês de Março (quando começaram a arrebentar), até 9 de Abril, com o objetivo de registar o crescimento semanal e a taxa de sucesso das mesmas. São também referidas algumas sugestões sobre a colocação e sobre o período de colocação das estacas.

O caso de estudo da ribeira da Granja, como já era um projeto finalizado, teve como objetivo servir como referência das técnicas de Engenharia Natural no tempo e no espaço. Foram então criados indicadores para avaliação dos projetos de reabilitação, permitindo uma avaliação completa dos aspetos que nos são relevantes e permitindo também comparar o comportamento destas em diferentes tipologias de rios e ribeiras.

O objetivo de uma avaliação desta tipologia resulta em procurar falhas na construção e implementação das técnicas, verificar o tipo de técnica a ser colocada na margem que será reabilitada, encontrar metodologias que facilitem a construção, verificar o crescimento da vegetação autóctone e procurar as vulnerabilidades de cada uma das técnicas e propor soluções.

2.3 Metodologia do índice de reabilitação de rios (IRR).

A metodologia proposta pelo IRR pretende analisar os indicadores que consideramos relevantes e pretende melhorar, desde dados ambientais, como participação pública, história do povoamento da região, as propostas de monitorização existentes nos municípios. Para tal, cada um destes indicadores são avaliados de 1 (ótimo) a 5 (péssimo). Na Tabela 1 encontram-se os indicadores ou critérios avaliados por ordem e inumerados

como serão representados no gráfico final. Ao permitir agrupar todas estes dados num só gráfico irá facilitar a avaliação inicial de um rio ou ribeira e concluir se eles necessitam de um projeto de reabilitação fluvial e se o resultado de um projeto de reabilitação satisfaz e melhora os indicadores desejados.

Durante as atividades de caracterização dos espaços de caso de estudo para a aplicação de um projeto de reabilitação e mais tarde no âmbito da tese de doutoramento, foi implementada a metodologia do IRR por Pedro Teiga em 2006 e 2010 para a Ribeira da Granja e Rui Uíma. Usando os critérios da metodologia do IRR resultaram os seguintes gráficos:

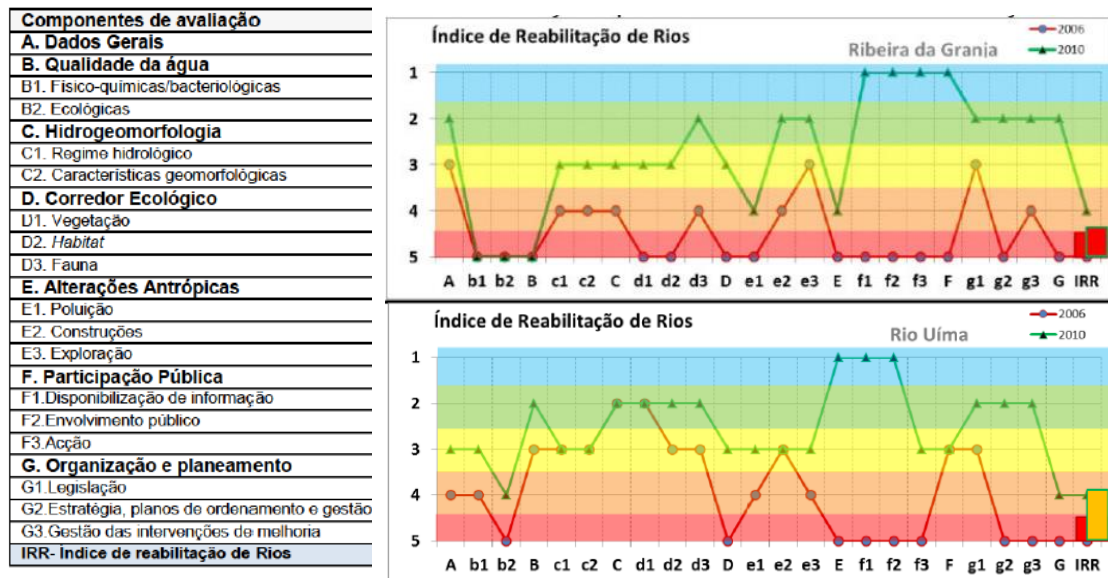


Figura 44. Avaliação segundo o IRR do Rio Uíma e da Ribeira da Granja.

2.2 Apresentação dos casos de estudo

O Rio Uíma é um afluente da margem esquerda do rio Douro, cuja bacia hidrográfica ocupa uma área de cerca de 72 km². Nasce no lugar de Duas Igrejas, na freguesia de Romariz, concelho de Santa Maria da Feira e tem a sua foz em Crestuma, no concelho de Vila Nova de Gaia, ligeiramente a jusante da barragem de Crestuma-Lever.

No caso de estudo do Rio Uíma, onde foi acompanhado o desenvolvimento do projeto de reabilitação, tivemos a oportunidade de presenciar as principais dificuldades e as principais vantagens num projeto deste género. Foi também possível começar a monitorizar o comportamento das margens estabilizadas com as técnicas de engenharia natural implementadas e acompanhar o crescimento das estacas colocadas não só nas técnicas mas também pela restante área do projeto.

Tabela 36. Caracterização do Rio Uíma.

Bacia Hidrográfica	Clima	Caudal (m ³ /s)	Precipitação média	Meio Urbano	Meio Rural	Comprimento Total (Km)
Douro	Mediterrânico	0,8	1405,5	10%	90%	29

No caso de estudo da Ribeira da Granja, onde as técnicas já se encontravam implementadas há 3 anos e encontrava-se em fase de monitorização, procedeu-se a uma avaliação meramente visual procurando por falhas estruturais, crescimento de vegetação, aparecimento de exóticas, consolidação das margens e a adesão da população ao local.

A Ribeira da Granja encontra-se no lugar do Viso, na freguesia de Ramalde (Porto). Nasce no parque da Arca D'Água e vai desaguar no Rio Douro. É uma ribeira completamente inserida num meio urbano com grande densidade populacional e de infraestruturas, daí ser alvo de muitas descargas pluviais e resíduos sólidos por parte da população circundante.

Tabela 37. Caracterização da Ribeira da Granja.

Bacia Hidrográfica	Clima	Caudal (m ³ /s)	Precipitação média (mm)	Meio Urbano	Meio Rural	Comprimento Total (Km)
Douro	Mediterrânico	0,18	1204,3	90%	10%	14,7

3. Resultados

3.1 Resultados das técnicas de Engenharia Natural

Para efetuar uma avaliação correta e completa, comparamos cada uma das técnicas dos casos de estudo, no que a Ribeira da Granja serve como ponto de referência, pois esta apresenta as mesmas técnicas com construção muito semelhante em linhas de água com a mesma tipologia N1:<=100 (INAG, 2008). Assim era esperado encontrar os mesmos problemas e os mesmos resultados em ambos os casos de estudo, o que não se verificou.

Fez-se uma comparação para cada técnica, com os mesmos indicadores, para detetar eventuais falhas e possivelmente encontrar uma solução no caso de estudo comparado. Temos então por técnica uma descrição visual e uma tabela, comparando os mesmos indicadores para ambos os casos de estudo.

3.1.1 Estacaria

Foram monitorizadas duas espécies de estacas das árvores Salgueiro (*Salix atrocinerea* ou *Salix salviifolia*) e Sabugueiro (*Sambucus nigra*), tendo sido diferenciados os salgueiros com mais de 5 centímetros de diâmetro dos com menos de 5 centímetros.

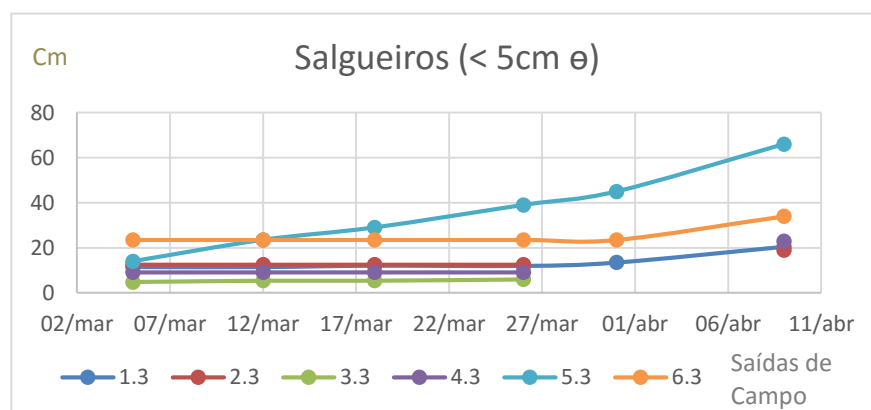
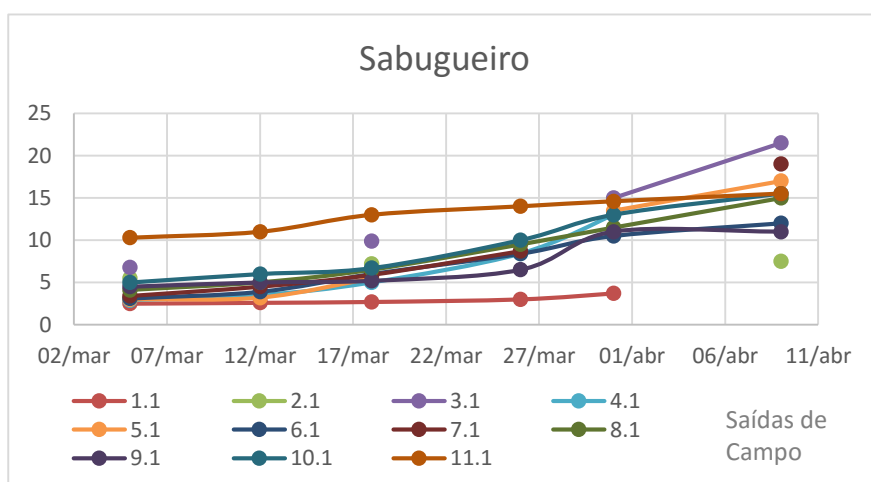
A colocação das estacas começou no dia 13/10/2014 e terminou em janeiro do 2015. Verificamos que até ao dia 27/10/2014 todas as estacas colocadas começaram a rebentar e as estacas colocadas depois dessa data só viriam a rebentar em Março de 2015. Sendo que as que rebentaram em Outubro de 2014 só viriam a sair do seu período de dormência

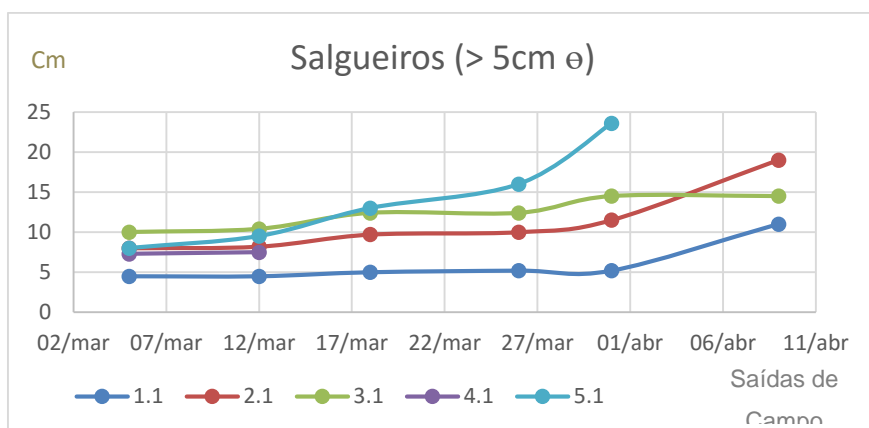
mais tarde, em inícios de Abril, ou seja um mês mais tarde. O diâmetro da estaca foi outro fator observado em campo, pois as que possuíam diâmetros superiores a 5 cm foram as que apresentaram um crescimento superior semanal.

Semanalmente foi medida uma amostra da população de estacas e verificou-se em todas as espécies de estacas um crescimento acentuado quando vieram os primeiros dias de sol primaveril. As espécies de estacas das árvores Salgueiro (SL) com inferior e superior diâmetro a 5 cm e Sabugueiro (SB) tiveram um crescimento médio semanal, nos meses de Março e Abril, de cerca de 1,26 cm (<5cm), 2,36 cm (>5cm) e 1,85 cm, respetivamente. Estes dados vêm dar algum apoio à teoria de que o diâmetro é um fator a considerar na escolha das estacas.

Tabela 38 Crescimento médio semanal das estacas de Salgueiro e Sabugueiro.

SP	Cm
1.1	0,20
2.1	1,22
3.1	5,23
4.1	1,68
5.1	3,25
6.1	1,48
7.1	1,74
8.1	1,82
9.1	1,08
10.1	1,75
SL (<5)	Cm
1.1	1,08
2.1	1,83
3.1	0,75
4.1	0,03
5.1	2,60
SL (>5)	Cm
1.3	1,52
2.3	0,54
3.3	0,43
4.3	1,26
5.3	8,70
6.3	1,75





3.1.2 CribWall (Muro Vivo)

Na Ribeira da Granja foram aplicados 20 m. Neste espaço não foram registados qualquer dano estrutural e registou-se um crescimento significativo da vegetação. No Rio Uíma foram aplicados cerca de 15 m de Muro Vivo num local onde não se regista grande erosão na margem. Este sofreu erosão nos primeiros dias após a aplicação por consequência de uma cheia, onde foi erodido cerca de 40% do seu enchimento principalmente nos primeiros 5 m a montante.

Verifica-se então que o CribWall é uma técnica muito vulnerável a erosão nos primeiros dias após construção, pois não se encontra consolidada e sem vegetação. Uma vez consolidado e coberto por um manto vegetal, este não regista qualquer tipo de erosão, sendo um local com as condições ideais para a aplicação de estacas.

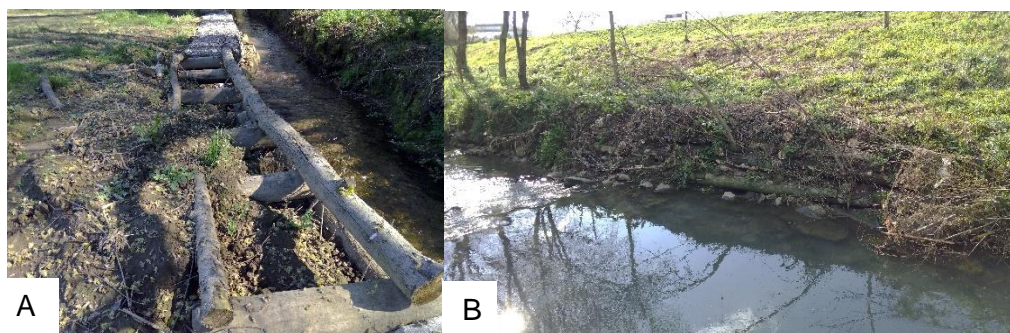


Figura 45- A) CribWall Rio Uíma B) CribWall Ribeira da Granja.

Tabela 39- Análise comparativa dos CribWall's.

	Rio Uíma	Ribeira da Granja
Comprimento:	15 m	20 m
Estacas:	Salgueiros e Sabugueiros	Salgueiros

Danos estruturais:	Com 40% do enchimento erodido	Sem danos visuais
Vegetação:	Sem vegetação com sistema radicular	Com vegetação com sistema radicular
Diâmetro dos troncos perpendiculares (A) e longitudinal (B):	A: 20 cm B: 10-15 cm	A: 10 cm B: 10 cm

3.1.3 Manto de Fibra de Coco

Esta técnica simples e de fácil aplicação, foi aplicada em 30 metros de margem, onde 10 metros tinham estacas transversais e longitudinais (formando quadrados 1m x 1m), 10m com estacas longitudinais e 10m com estacas transversais para estudarmos o comportamento estrutural e a capacidade de proteção das diferentes estruturas. Após o Inverno, com dias de grande precipitação onde submergiu por completo a manta de fibra de coco, fomos verificar o estado estrutural da manta. Verificamos então que tanto a manta com estacas transversais e longitudinais como as longitudinais foram as que melhores resultados obtiveram, não tendo sofrido uma erosão significativa ou danos estruturais. Ao contrário, as transversais, sofreram danos estruturais na manta, expondo o solo por baixo que eventualmente foi erodido.



Figura 46. Manto de Fibra de Coco no Rio Uíma.

Tabela 40. Análise comparativa do Manto de Fibra de Coco.

	Rio Uíma (transversais e longitudinais)	Rio Uíma (transversais)
Comprimento:	20 m	10 m

Danos estruturais:	Poucos danos estruturais	Danos significativos estruturais
Vegetação:	Grande deposição de sementes	Pouca deposição de sementes
Proteção:	Tem ação protetora	Não tem ação protetora

3.1.4 Entrançado

Esta é uma técnica que tem função protetora imediata, o que faz dela uma das mais utilizadas no combate à erosão em margens. Sendo que não tem necessariamente que depender do desenvolvimento das estacas, após a sua construção pretende-se criar uma barreira ao fluxo de água evitando que esta embata na margem com elevada velocidade, permitindo que sejam depositados sedimentos e sementes para recuperar áreas erodidas, como é possível verificar na Figura 47A.

A construção desta técnica com material lenhoso vivo favorece a elasticidade e a consistência desta ao longo do tempo, uma vez que as estacas e os prumos não ficam quebradiços e originam sistemas radiculares nas margens.



Figura 47. Entrançado A) Rio Uíma e B) Ribeira da Granja. Sedimentação.

Tabela 41. Análise comparativa dos Entrançados.

	Rio Uíma	Ribeira da Granja
Comprimento:	50 m	40 m
Estacas:	Salgueiros	Salgueiros
Danos estruturais:	Sem danos visuais	Sem danos visuais
Margem:	Grande sedimentação na margem e proteção	Proteção da margem
Vegetação:	Algumas das estacas e prumos rebentaram	Nem estacas nem prumos deram origem a vegetação

3.1.5 Enrocamento Vivo

No Rio Uima foram construídos 3 Enrocamentos Vivos, um dos quais não tem propriamente função de proteção da margem contra erosão. Mas os restantes dois Enrocamentos foram colocados numa curva do rio onde se verificava que este cortava caminho por cima da margem e estava a erodir consideravelmente o solo nessa curva. Assim foi contruído o Enrocamento, criando uma rampa de subida e de descida para que a água não exercesse pressão no solo e na margem, permitindo na mesma que pudesse inundar a margem.

Na Ribeira da Granja não se verificava o mesmo problema, uma vez que as margens possuíam uma altura que não permitia a água inundar com tanta frequência. No entanto, devido a presença de duas travessias de vias de comunicação a ribeira era comprimida e resultava num aumento de velocidade da água. Isto criava um problema de erosão nas margens a jusante a estas pontes, onde foram então contruídos os enrocamentos.



Figura 48. Enrocamento A) Rio Uíma e B) Ribeira da Granja.

Tabela 42. Análise comparativa dos Enrocamentos.

	Rio Uíma	Ribeira da Granja
Comprimento:	30 m	50 m
Estacas:	Salgueiros e Sabugueiros	Salgueiros
Danos estruturais:	Sem danos visuais	Com graves danos em margens de maior inclinação
Margem:	Completamente recuperada	Maioritariamente recuperada
Declive da margem:	10% – 20%	40% - 70%
Vegetação:	Com estacas a desenvolverem-se	Com estacas e plantas desenvolvidas

3.1.6 Gabiões Vivos

Os Gabiões Vivos, devido à sua natureza mais resistente, por não conterem terra que possa ser erodida e todos os materiais usados não são degradáveis (excluindo as estacas), não apresentaram nenhuma falha estrutural ao longo do tempo. Assim, as únicas falhas possíveis eram nas estacas colocadas no seu interior e na sua base. Demonstra assim que a época da sua construção não influencia o seu desenvolvimento estrutural e que aguenta grandes velocidades de água e caudais nas épocas de maior precipitação.

Quanto à vegetação, que foi colocada na base e na parte superior traseira ao gabião, desenvolveu-se dentro do normal, não registando problemas ou vantagens no crescimento das estacas e aparecimento de vegetação circundante.

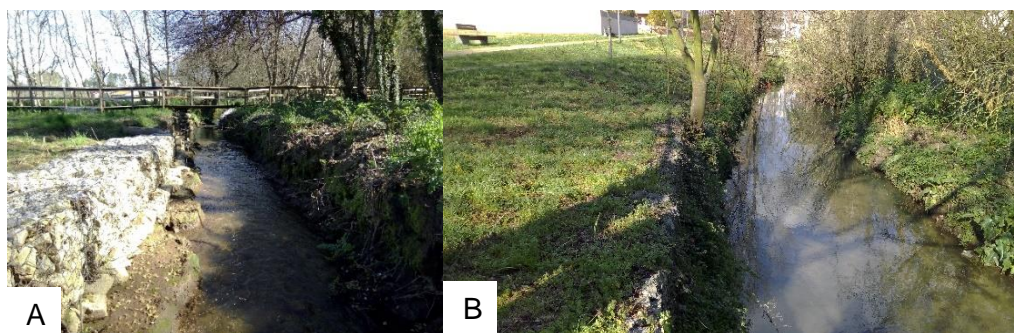


Figura 49. Gabiões Vivos A) Rio Uíma e B) Ribeira da Granja.

4. Considerações finais

Os projetos de reabilitação fluvial através do uso de técnicas de Engenharia Natural possuem um carácter simples e económico. Nas primeiras semanas após construção estas são muito vulneráveis a vários fatores climáticos e necessitam de manutenção periódica, mas uma vez consolidadas e com árvores desenvolvidas só necessitam de limpezas e podas periódicas anuais, nos primeiros 5 anos. Depois a manutenção poderá ser bianual ou de 4 em 4 anos.

As técnicas de Engenharia Natural estão sujeitas a uma grande variedade de fatores, sejam eles climáticos, geológicos, geográficos, biológicos, hidrológicos, temporais, sazonais etc. Assim, apesar destes dois casos de estudo apresentados se encontrarem na mesma tipologia de linhas de água, diferem muito em comportamento. A época do ano em que são realizadas as construções é o fator que consideramos de maior relevância para o sucesso do projeto, uma vez que as estruturas das técnicas e as estacas completam-se e o sucesso depende de ambas. Com este estudo verificamos que a altura ideal para a construção das técnicas seria entre Fevereiro e Março. No entanto, este período coincide com a chegada de aves migratórias e a nidificação, comprometendo as operações de limpeza e poda pois estas provocam um grande impacto ambiental negativo na reprodução da fauna. Assim, embora não seja a época favorável para a implementação das técnicas, mas tem um menor impacto ambiental para a fauna, é aconselhado a realização das técnicas em Setembro e Outubro.

Por fim, os projetos de reabilitação fluvial são essenciais por todo o mundo, reaproveitando espaços para lazer, comércio, fauna e flora e caudais em cheias. O ser humano está muito ligado ao rio emocionalmente, procurando-o nos tempos livres para conviver com a família ou simplesmente praticar desporto. É imperativo manter as linhas de água desobstruídas e limpas de poluição, criando as condições ideais para o

desenvolvimento da vegetação autóctone e fauna. Assim, independentemente do tipo de Engenharia implementada no local a reabilitar, deve sempre ter em consideração que temos de aumentar o espaço para a fauna e flora autóctone se desenvolver e que a manutenção do espaço é sempre uma ferramenta importante para dar sucesso a uma boa reabilitação.

5. Bibliografia

INAG. (2008). *Tipologia de rios em Portugal continental no âmbito da implementação da Diretiva Quadro da Água: Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional*. Instituto da Água, I.P.

Teiga, P. M. (2003). *Reabilitação de ribeiras em zonas edificadas. Tese de mestrado em Engenharia do Ambiente*. Faculdade de Engenharia do Porto.

Teiga, P. M. (2011). *Avaliação e mitigação de impactes em reabilitação de rios e ribeiras em zonas edificadas: uma abordagem participativa*. Tese de Doutoramento., Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

URBEM. (2005). *Urban River Basin Enhancement Methods*. Work Packages WP2-11, <http://www.urbem.net/projects-outputs.html>

Waal, *et. al.* (1998). *Rehabilitation of Rivers: Principles and Implementation*. Chichester, UK: John Wiley & Sons Ltd.

Anexo 3: Resultados das medições das estacas no Rio Úima.

	05/mar	12/mar	18/mar	26/mar	31/mar	09/abr	16/abr	20/abr	28/abr	11/mai	14/mai	28/mai	08/jun
	0	7	13	25	30	39	46	50	58	71	74	88	99
SB													
1.1	2,5	2,6	2,7	3	3,7								
2.1	5,5	6,28	7,2	7,29	7,39	7,5	9,5	15,18	26,54	45			
3.1	6,8	8,2	9,9	13,5	15	21,5	32	33	40				
4.1	2,9	3,5	5	8,4	13								
5.1	3	3,2	5,5	11,15	13,5	17	26	29	35				
6.1	3,1	3,9	6	8,4	10,5	12	12	12,5	15				
7.1	3,4	4,5	5,9	8,7	9,48	19							
8.1	4,1	5	6,5	9,5	11,5	15	22	23	24	28	28	29	30
9.1	4,5	5	5,2	6,5	11	11	18,5	19	22	28	29	31	37
10.1	5	6	6,7	10	13	15,5	20,5	20,5	21	26	27	27	27
11.1	10,3	11	13	14	14,6	15,5	20,5	21	23,48	27,5	30,5	38	43
SL													
1.1	4,5	4,5	5	5,2	5,2	11	16	18,5	20	36	41	59	
2.1	8	8,2	9,7	10	11,5	19	23,5	25,1	29	32,5	32,5	32	
3.1	10	10,4	12,4	12,4	14,5	14,5	26	28,5	33	43			
4.1	7,3	7,5	9,2	10,2	13	18	21	24	30,5	36,4	38	43	43
5.1	8	9,5	13	16	23,6	27,3	36						
1.3	11,5	11,5	12,1	12	13,5	20,5	27,5	31	45	48	48	58	59
2.3	12,5	12,5	12,5	12,5	14,2	19	29	33,5	45,5	58	60	61	78
3.3	4,8	5,4	5,4	6	8,2	14,1	16,5	20	26	30	31	34	34
4.3	9,1	9,1	9,1	9,1	11,5	23	34	40	51,5	67	74	84	139

5.3	14	23,5	29	39	45	66	78	80	94	117	118	132	142
6.3	23,5	23,5	23,5	23,5	23,5	34	67	73	84,5	112	117	132	